

# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

---



**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO  
POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
ECONOMÍA**

**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN  
DE “SETAS” (*Pleurotus ostreatus*).**

**MIREYA ALEMÁN MORALES**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2008**

---

---

La presente tesis, titulada “**Determinación del óptimo económico en la producción de setas (*Pleurotus ostreatus*)**”, fue realizada por la alumna: **Mireya Alemán Morales**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

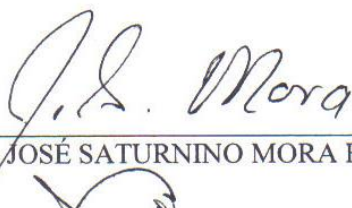
MAESTRA EN CIENCIAS

SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JOSÉ SATURNINO MORA FLORES

ASESOR:



DR. JOSÉ ALBERTO GARCÍA SALAZAR

ASESOR:



DR. ROBERTO GARCÍA MATA

ASESOR:



DR. DANIEL MARTÍNEZ CARRERA

Montecillo, Texcoco, México, junio de 2008

**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE  
“SETAS” (*Pleurotus ostreatus*)  
Mireya Alemán Morales, MC.  
Colegio de postgraduados, 2008**

La producción de “setas” (*Pleurotus ostreatus*), es una alternativa para producir y diversificar los alimentos que requiere la población en México. En el país es escasa la información acerca de la rentabilidad de éste cultivo. Por ello, el objetivo de este trabajo fue estimar una función de producción que muestre matemáticamente la relación funcional entre los insumos productivos utilizados y la producción “setas”. La variable dependiente la constituyó la producción de “setas” producidas y la variable independiente fueron las bolsas en producción. Los resultados económicos mostraron que la etapa de producción II, la que es económicamente relevante, se inicia en el punto donde se encuentran en el área de producción 2449 bolsas y termina donde el producto total es máximo con 4768 bolsas obteniéndose una producción de 22,462.79 kilogramos. El nivel de insumo donde se maximiza la ganancia fue con 4398.65 bolsas y una cantidad de producto de 22,200 kilogramos; en ese punto se obtiene una ganancia de \$353,581.00

**Palabras clave:** función de producción, *Pleurotus ostreatus*, optimización, rentabilidad, “setas”.

**DETERMINATION OF THE ECONOMIC OPTIMUM IN OYSTER  
MUSHROOM PRODUCTION (*Pleurotus ostreatus*)**

**Mireya Alemán Morales, MC.  
Colegio de postgraduados, 2008**

The production of Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) is one alternative to produce and diversify the foodstuffs required by the population of Mexico. There is little information in the country on the viability of this crop. Because of this, the objective of this work is to estimate a production function, which mathematically shows the functional relation between the used productive inputs and the amount of “mushrooms”. The dependent variable was constituted by the amount of “mushrooms” produced, and the independent or exogenous variable was the amount of bags under production. The production function was statistically estimated using the Ordinary Minimum Square (OMS) method. The statistical results were satisfactory since we obtained a determination quotient of 99.9%. The economic results showed that Production stage II, which is the economically relevant one, begins at the point where 2449 bags are in the production area and ends where the total product is at its maximum with 4768 bags, yielding a production of 22,462.79 kilograms. The optimum point where the business maximizes earnings was at 4398.65 bags and a generated amount of product of 22,200 kilograms. At this point, a total \$353,581 is earned.

**Key words:** Production function, *Pleurotus ostreatus*, optimisation, viability, “mushrooms”.

## DEDICATORIA

### *A mis padres*

*Antonio Alemán (+)*, quién estaría feliz al verme culminar otro de mis grandes sueños  
y a quien recordare siempre.

*Ma. del Carmen*, por su apoyo, comprensión y sabios consejos en todo momento.

A mi hermano *Raúl*, por todos los momentos bonitos compartidos.

A mi querida hija *Mireya Itzel* por ser la alegría de mi vida

*A José Luis*, por su gran confianza y comprensión.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico que me brindo para la realización de esta maestría.

Al Colegio de Postgraduados por la oportunidad de formar parte del programa de Economía.

Al Dr. José Saturnino Mora Flores, director consejero de esta tesis por su gran apoyo, consejos, disposición y sobre todo por su gran paciencia. De igual manera por sus enseñanzas académicas.

Al Dr. Alberto García Salazar por sus valiosas observaciones y comentarios.

Al Dr. Roberto García Mata por sus sugerencias, apoyo y atención.

Dr. Daniel Martínez Carrera por su disposición y atinados comentarios en la culminación de esta investigación.

Al personal académico y administrativo del programa de Economía por sus enseñanzas, experiencias y amistad mostrada durante mi formación.

A mis compañeros del programa por todos los momentos compartidos y su gran apoyo.

A todo el personal de la empresa “Niebla” por su gran ayuda.

# CONTENIDO

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1. Antecedentes.....	16
1.2. Planteamiento del problema y justificación.....	16
1.3. Objetivo.....	18
1.4. Hipótesis.....	18
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	19
2.1 Unidad de análisis.....	19
2.2 Los datos.....	19
2.2.1 Proceso de producción de las setas en la unidad de estudio.....	20
2.2.1.1 Sustrato.....	20
2.2.1.2 Pasteurización.....	21
2.2.1.3 Siembra.....	22
2.2.1.4 Incubación.....	26
2.2.1.5 Producción.....	28
2.2.1.6 Cosecha.....	32
2.2.1.7 Empaque.....	33
2.3 Modelo teórico para la función de producción de “setas”.....	34
2.4 Modelo empírico para la función de producción para el cultivo de “setas”.....	35
2.5 Modelo para determinar los costos totales de producción.....	37
2.6 Ingreso en relación a la producción.....	38

<b>3. LOS HONGOS Y SU CULTIVO</b> .....	39
3.1 Generalidades de los hongos.....	39
3.2 Cultivo de “setas” ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	43
<b>4. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE “SETAS”</b> .....	46
4.1 Importancia económica.....	46
4.1.1 Mercado mundial.....	46
4.1.1.1 Exportaciones.....	48
4.1.1.2 Importaciones.....	49
4.1.1.3 Consumo mundial.....	51
4.1.2 Mercado Nacional.....	52
4.1.2.1 Producción.....	52
4.1.2.2 Exportaciones.....	54
4.1.2.3 Importaciones.....	55
4.1.2.4 Consumo.....	55
4.1.2.5 Comercialización.....	55
4.2 Importancia alimenticia y medicinal.....	58
4.2.1 Propiedades nutricionales de las “setas”.....	58
4.2.2 Propiedades medicinales de las “setas”.....	63



<b>5. MARCO TEÓRICO</b> .....	66
5.1 Teoría de la empresa.....	66
5.1.1 Función de Producción.....	66
5.1.2 Etapas de la producción.....	67
5.1.3 Ley de los rendimientos decrecientes.....	69
5.1.4 Rendimientos a escala.....	70
5.1.5 Isocuantas.....	70
5.1.6 El corto plazo en comparación con el largo plazo.....	71
5.2 Costos de producción.....	71
5.2.1 Componentes del costo.....	72
5.2.1.1 Costos fijos.....	72
5.2.1.2 Costos variables.....	73
5.2.1.3 Costo fijo promedio.....	74
5.2.1.4 Costo variable promedio.....	74
5.2.1.5 Costo Marginal.....	74
5.2.1.6 Costo promedio total.....	75
5.3 Teoría de la regresión.....	75
5.3.1 Análisis de la regresión.....	75
5.3.2 Método de mínimos cuadrados ordinarios.....	76

<b>6. RESULTADOS</b> .....	81
6.1 El modelo de la función de producción.....	81
6.2 Resultados de la regresión.....	81
6.2.1 Análisis estadístico.....	81
6.2.2 Análisis económico.....	83
6.2.2.1 Producto Total, Medio y Marginal para el cultivo de “setas”.....	84
6.2.2.2 Producto total máximo.....	85
6.2.2.3 Producto medio máximo.....	86
6.2.2.4 Producto marginal máximo.....	87
6.2.3 Elasticidad de la producción.....	88
6.3 Costos de producción del cultivo de “seta”.....	90
6.2.1 Costos variables.....	90
6.2.2. Costos fijos.....	91
6.2.3 Nivel de producción que maximiza la ganancia.....	94
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	96
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	96
<b>APÉNDICE</b> .....	102

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Principales países productores de hongos y setas (toneladas).....	46
Cuadro 2. Principales países exportadores de setas y hongos (Toneladas métricas)..	49
Cuadro 3. Principales países importadores de setas y hongos (toneladas).....	50
Cuadro 4. Producción de hongos y setas en México.....	53
Cuadro 5. Exportaciones e importaciones de hongos y setas de México.....	54
Cuadro 6. Contenido de proteína, así como el perfil de aminoácidos esenciales de las “setas” ( <i>Pleurotus</i> ).....	59
Cuadro 7. Contenido de carbohidratos, fibra cruda, dietética total y quitina de las “setas” ( <i>Pleurotus</i> ) .....	60
Cuadro 8. Contenido vitamínico de las “setas” ( <i>Pleurotus</i> ) .....	61
Cuadro 9. Contenido de minerales de las “setas” ( <i>Pleurotus</i> ).....	62
Cuadro 10. Resultado estadístico de la regresión.....	79
Cuadro 11. Comportamiento de la producción a diferentes niveles de bolsa (insumo).	83
Cuadro 12. Costos variables para la producción de “setas” .....	90
Cuadro 13. Costos fijos mensuales.....	91
Cuadro 14. Costos de producción a corto plazo.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Página

Figura 1	Pasteurización de la paja de cebada.....	22
Figura 2.	Micelio (semilla) en grano de mijo para la producción de “setas”.....	23
Figura 3.	Enfriamiento del sustrato y adición de cal.....	24
Figura 4.	Forma de sembrar el micelio en bolsas.....	25
Figura 5.	Perforación de la bolsa una vez sembrada.....	26
Figura 6.	Bolsas en el área de incubación.....	27
Figura 7.	Bolsa incubada (30 días después de la siembra).....	28
Figura 8.	Bolsas puestas en el área de producción.....	29
Figura 9.	Agregados miceliales (primordios).....	30
Figura 10.	Crecimiento de primordios.....	31
Figura 11.	Setas desarrolladas.....	31
Figura 12.	Seta madura y lista para ser cosechada.....	32
Figura 13.	Cosecha de setas de manera manual.....	33
Figura 14.	“Setas” seleccionadas en charolas de unicel en presentación de ½ kg.....	33
Figura 15.	“Setas” en cajas de plástico para su venta a granel con capacidad de 3 kg..	34
Figura 16.	Partes que conforman un basidiomiceto .....	40
Figura 17.	Ciclo reproductivo de un hongo de esporas llamadas basidios	42
Figura 18.	Participación de los principales países en la producción de hongos y “setas” en 2005.....	47
Figura 19.	Importaciones y exportaciones de México.....	54

Figura20.	Principales canales de comercialización identificados en el sistema de mercado de hongos comestibles, silvestres y cultivados (Mayyet, 2004)....	56
Figura21.	Curva de Producto total, marginal y Medio.....	68
Figura22.	Relación entre las curvas Pt, Pmg y Pme y las tres etapas de la producción.	88
Figura23	Curva de costos total, costos variables y costos fijos.....	93

# DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE “SETAS” (*Pleurotus ostreatus*)

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos actuales es producir la cantidad suficiente de alimentos para satisfacer las necesidades de una población que aumenta continuamente, esto ha propiciado rescatar o buscar nuevas alternativas alimenticias.

El cultivo de hongos comestibles, específicamente las “setas”, son ricos en vitaminas necesarias para el desarrollo del hombre (Vedder, 1986), tales como la Tiamina (B1), Riboflabina (B2), Piridoxina (B6), Ergosterina o Vitamina (D), así como la Biotina o vitamina (H), Cobalamina (B 12), Ácido Ascórbico o Vitamina (C), Amida de Ácido Nicotínico, Fólico, Pantotéico (todos en el complejo de vitamina B). Además poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, contando además con leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de pescado y huevo). Completan la caracterización su bajo contenido de carbohidratos y calorías (V. Dunkwal, *et al.*, 2007).

Martínez Carrera y Larqué-Saavedra (1990) mencionan, que el cultivo de hongos comestibles constituye un verdadero sistema de producción-consumo, el cual ha adquirido gran relevancia social, económica y ecológica a nivel mundial. Se trata de procesos biotecnológicos que pueden desarrollarse a pequeña y gran escala para producir un alimento humano de buena calidad nutritiva y con propiedades medicinales.

Durante las últimas décadas el desarrollo tecnológico y los rendimientos en la producción de hongos han propiciado un incremento importante en la producción a nivel mundial, la cual se ha estimado en cerca de 3, 340,997.00 toneladas en el año 2005 (FAO, 2006). Sin embargo, con la globalización el futuro del cultivo de hongos depende también de un profundo y completo conocimiento de las tendencias mundiales de consumo. Los principales productores mundiales de “setas” y hongos son China y Estados Unidos, con participaciones de 42.22% y 11.82%, respectivamente. Las exportaciones mundiales de setas y hongos (Champiñón) entre 1995 y 2004, crecieron a una tasa promedio anual del 9.55% (FAO, 2006). Polonia es el principal exportador con una tasa promedio anual del 36.05%. Mientras que el principal importador mundial de setas y hongos frescos es Alemania, que participó con el 13.60% del volumen total importado en 2004, le siguen en importancia Japón con el 7.11% y Estados Unidos con el 6.5%. El crecimiento más significativo en el volumen importado lo tiene Estados Unidos, con una tasa promedio anual del 30% entre 1995 y 2004.

En 1974, por primera vez en México se cultiva una especie de hongo comestible diferente al champiñón, cuyo nombre científico corresponde a la especie *Pleurotus ostreatus*. Inicialmente la comercialización de este hongo era difícil, ya que poca gente lo conocía, sin embargo, en la actualidad su distribución en el mercado es bastante amplia y se comercializa con el nombre de “seta” (Martínez Carrera *et al.*, 1991). Actualmente la producción a nivel comercial se ha estimado en 47,468 toneladas anuales (Mora y Martínez Carrera, 2006). Dentro de las cuales se obtienen de acuerdo a (Martínez Carrera, *et al.*, 2004). champiñón (*Agaricus*: 94.3%) “setas” (*Pleurotus*: 5.6%) y Shitake (*Lentinula*: 0.1%).

## 1.1. Antecedentes

El cultivo empírico de los hongos comestibles pertenecientes al género *Pleurotus* tuvo sus inicios en Alemania, alrededor de 1917, donde se empleo micelio silvestre para la inoculación de troncos. Sin embargo, el primer cultivo a gran escala con troncos como sustrato solo fue posible hasta 1969 en Hungría. A partir de entonces el cultivo de varias especies de *Pleurotus* a pequeña y gran escala se han desarrollado rápidamente en diversas partes del mundo, utilizando subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales disponibles regionalmente (Mora y Martínez Carrera, 2006).

Martínez Carrera *et al.*, 1991, menciona que el cultivo de hongos comestibles en México tuvo sus inicios en 1933, con la especie *Agaricus bisporus*, lo que convirtió al país en el tercer lugar de América donde se iniciaba dicho cultivo. Posteriormente, se cultivaron diversas especies de *Pleurotus* ó “setas” (1974) y *Lentinula* o “Shiitake” (1986).

Actualmente la producción comercial de hongos comestibles en México ofrece notables ventajas sociales. Se estima que la producción en fresco es de aproximadamente 47,468 toneladas anuales. La importancia ecológica de esta actividad radica en la utilización y reciclaje de más de 474, 000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales (Mora y Martínez Carrera, 2006).

En México la producción de hongos comestibles es bastante heterogénea; por un lado existen pocos productores grandes y, por el otro, un número considerable de pequeños productores. Los grandes productores, son aquellos que dedican toda su infraestructura a la producción y comercialización de hongos comestibles en gran escala (más de una tonelada de producto a la semana) y consideran a ésta su actividad central. En el país existen siete grandes empresas



productoras que han logrado mantenerse en el mercado nacional por varios años (Martínez Carrera *et al.*, 2000). Los pequeños productores también conocidos como “ocasionales” y/o frecuentes, ubicados distantes del mercado o medianamente cerca, respectivamente, ya que producen hongos en pequeña escala (menos de 100 kg a la semana) y como complemento a sus ingresos (Aguilar *et al.*, 2002). Los reducidos volúmenes de producción y escaso conocimiento del mercado determinan que estas empresas no estén consolidadas, por lo tanto, es común que algunas dejen de producir debido a que no son rentables.

La microempresa de “setas” en estudio, realizó sus primeras pruebas en el año 1999, y continúa perfeccionando su proceso de producción hasta lograr producir en promedio 227 kilogramos diarios. Esta empresa observó que efectivamente existe demanda por este producto y la oferta no es continua por las características propias del cultivo con respecto a la producción de otros bienes agrícolas, es decir, no se puede predecir con exactitud la cantidad a cosechar.

## **1.2. Planteamiento del problema y justificación**

El desarrollo de México se enfrenta al reto de la economía global y el sector agropecuario no es la excepción, por esta razón es importante buscar estrategias que comprendan la aplicación de recursos de manera articulada e integral en las variantes del desarrollo económico, el capital físico, social y humano con atención a la diversa problemática que presentan las diferentes regiones del país. Por ello, el cultivo comercial de “setas” es cada vez mayor, porque se ha observado que es una alternativa de producción y una opción de inversión, dado que la transferencia de tecnología de este cultivo está actualmente al alcance de todos, las “setas” se pueden producir todo el año: se producen en materiales poco útiles para el hombre o de desecho, como son las pajas; existe un mercado potencial en los restaurantes de comida mexicana e

internacional; hay oportunidades para exportar; una vez secas se comercializan en polvo como condimento; es un producto natural, no contienen colesterol, su contenido es alto en vitaminas y minerales y son de fácil digestión.

En México, se cuenta con poca información sobre la rentabilidad del cultivo comercial de “setas”; es claro que la rentabilidad depende del proceso productivo, de la eficiencia en el trabajo, del nivel de producción, del mercado, de las condiciones climáticas, variedad y vigor de la semilla. Contrariamente a lo que se puede pensar antes de iniciarse en la producción, el cultivo de “setas”, una vez que se inicia el proyecto, frecuentemente no cumple con las expectativas y de hecho desanima a muchos cultivadores después de llevar a cabo la actividad.

Por esta razón, es necesario realizar un análisis de rentabilidad de la actividad mediante la estimación de la función de producción para este cultivo, de tal manera que permita establecer las variables relevantes para su producción. Así, la investigación pretende que sea de utilidad para la toma de decisiones de aquellas personas interesadas en este cultivo, o que estén buscando una alternativa de inversión.

### **1.3. Objetivo**

- Estimar la producción óptima de “setas” de la empresa Niebla que permita a los socios maximizar la ganancia de mercado.

De lo anterior, se desprenden la siguiente hipótesis

### **1.4. Hipótesis**

La producción de “setas” bajo condiciones controladas es una actividad rentable para los productores.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Unidad de análisis**

Para el logro del objetivo propuesto y la comprobación de la hipótesis planteada, se estudió la planta productora de “setas” “Niebla”, ubicada en San Felipe Teotitlán, municipio de Nopaltepec en el Estado de México.

### **2.2. Los datos**

Por las características especiales que presenta el cultivo de “setas”, se usó como insumo principal bolsas de plástico, las cuales se llenan de sustrato y micelio (semilla) con un peso aproximado de 24 Kg. para cuantificar su rendimiento y así estimar la función de producción.

En la estimación de de la función de producción, se usaron 19756 bolsas clasificadas en lotes de 1, 45, 90, 180, 360, 720, 960, 1230, 1500, 1770, 2040, 2310, 2580, 2850, 3120, y para los cuales se registro su rendimiento correspondientes. El registro de la información se realizo durante el periodo 2005-2007. La selección de las bolsas se realizó por conveniencia, seleccionando aquellas que cumplieran con el peso y variedad SM. Cabe señalar que el comportamiento de las bolsas es diferente a pesar de que todas fueron sembradas con las mismas características, es decir, la producción de todas no inicia al mismo tiempo.

### **2.2.1 Proceso de producción de la unidad en estudio.**

A continuación se describirá paso a paso cada una de las actividades involucradas en el cultivo de “setas” de la unidad en estudio.

Para la producción de setas se cuenta con las siguientes áreas:

- Bodega de insumos
- Pasteurización
- Siembra
- Incubación
- Fructificación
- Empaque

#### **2.2.1.1. Sustrato**

Se llama sustrato al material sobre el que crecen los hongos, el cual degradan para su alimentación. Por tal motivo, la naturaleza química del sustrato está en relación directa con las necesidades de crecimiento del hongo, además de la naturaleza química del sustrato están los factores físico-químicos, como pH y textura del mismo y factores ambientales, como la humedad y temperatura.

El *Pleurotus* (seta) toma de la degradación de lignina-celulosa sus materiales nutritivos, que este compuesto aproximadamente de un 60-70% de celulosa y 15% de lignina, que funcionan como fuentes principales de carbono y nitrógeno. Por lo que tienen la capacidad de degradar una serie de materiales, como son esquilmos agrícolas y desechos industriales. Sin embargo, la empresa “Niebla” utiliza paja de cebada porque es la que se encuentra disponible en la zona. En la

literatura se recomienda picar o trocear los materiales para la fabricación del sustrato. Algunos aconsejan picar de 2-4 cm., otros de 5-15 cm. para facilitar la acción enzimática del hongo sobre el sustrato, pero en la práctica, a pesar de utilizar paja de cebada, trigo o avena, no es necesario picar los materiales.

Es recomendable que el sustrato tenga entre 70-75% de humedad. Partículas muy pequeñas, menores de 2 cm., puede causar compactación excesiva del sustrato y tener un porcentaje de humedad mayor. Un tamaño de partícula mayor a 15 cm., limita la penetración del agua y se dificulta la invasión del sustrato. La humedad se proporciona por inmersión total de la paja en agua de 20 a 48 horas, dependiendo de las características de la paja. Después del tiempo de remojo, el exceso de agua se drena.

#### **2.2.1.2. Pasteurización**

Para garantizar el crecimiento o desarrollo vegetativo del hongo en el sustrato, es indispensable que el medio esté libre de microorganismos (hongos, bacterias), de huevecillos, larvas o insectos que pueden competir o contaminar los materiales de sustento para las “setas”.

La pasteurización tiene la función de disminuir la cantidad de organismos nocivos que pueden competir con el hongo por espacio y nutrientes. Esta puede darse por medio de un proceso de composteo durante la preparación del sustrato, de fermentación o mediante un tratamiento químico o térmico. La pasteurización también provoca cambios bioquímicos en el sustrato que pueden afectar positivamente o negativamente su calidad. Se recomiendan temperaturas de 62 a 65°C para pasteurizar el sustrato.



Figura No. 1 Pasteurización de la paja de cebada

La pasteurización se realiza a través del método con agua caliente (figura1), el cual consiste en sumergir el sustrato en agua caliente (60°C) para provocar un choque térmico que difícilmente soportaran los organismos que se encuentren en el mismo.

### **2.2.1.3. Siembra**

La siembra es un procedimiento que consiste en mezclar homogéneamente, en condiciones de asepsia, el micelio (semilla) con el sustrato. Para una siembra eficiente es necesario tomar en cuenta la cepa y el sustrato, el estado fisiológico del organismo, la tasa de inoculación y una higiene rigurosa. La semilla de trigo, sorgo o mijo es el elemento material que se incorpora en la siembra, porque permite un micelio vigoroso, con buenos puntos de crecimiento.



Figura 2. Micelio (semilla) en grano de mijo para la producción de setas

Se llama tasa de inoculación a la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de sustrato que se pretende inocular. Los porcentajes más usados varían del 2 al 5%. Mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor es el costo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato, lo cual puede aumentar el riesgo de contaminación.

Para proceder a la siembra, la paja ya pasteurizada se deja enfriar, volteándola para que escape el vapor de agua como se muestra en la figura 3, de lo contrario la humedad se condensara en la paja y puede haber problemas por su exceso. También se recomienda ponerle cal para neutralizar su pH.



Figura 3. Enfriamiento del sustrato y adición de cal

Para sembrar el contenido de humedad de la paja debe estar entre 70% y 75%, no es recomendable sembrar con niveles de humedad mayor a los indicados. El hongo necesita para su crecimiento de ciertos espacios porosos, permitiéndole que el intercambio de gases sea el óptimo para su crecimiento, tanto de CO<sub>2</sub> como de oxígeno.

Para sembrar, se coloca un poco de semilla en el fondo de la bolsa y encima se pone una capa de sustrato de unos 3 o 4 cm., seguido de una capa de semilla, y se busca que quede lo mejor distribuida en toda el área del sustrato como se ilustra en la figura 4. Después se coloca otra capa ligera de paja y se vuelve a colocar semilla. Así se procede hasta llenar el contenedor (bolsa).





Figura 4. Forma de sembrar el micelio en bolsas

Entre cada capa de sustrato se aprieta para que la bolsa quede firme y con una buena cantidad de paja.

Al final, se cierra la bolsa con un trozo de rafia ó con cinta canela, para evitar contaminaciones y la perdida de humedad del sustrato, así como para permitir que se incremente la concentración de CO<sub>2</sub> en el recipiente. Una vez cerrada la bolsa, se procede a realizar con la ayuda de un cuchillo orificios de manera aleatoria en toda la bolsa (Figura 5).



Figura 5. Perforación de la bolsa una vez sembrada

#### 2.2.1.4. Incubación

En la etapa de incubación se lleva a cabo la colonización del sustrato a temperatura y humedad óptimas. Durante esta etapa, se debe proporcionar al hongo una temperatura constante para que la colonización se lleve a cabo con una tasa de crecimiento lo más alta posible. Durante las primeras horas el micelio crecerá poco, el crecimiento acelerado iniciará después de las 48 horas, dependiendo de las condiciones ambientales. La mayoría de las especies de *Pleurotus* tienen óptimos de crecimiento micelial entre 25-28°C.

Existen algunos factores que influyen en el desarrollo de la incubación: Vigor de la cepa, adaptación de la cepa, cantidad de inóculo, sustrato utilizado y la temperatura.

La incubación de las bolsas sembradas se hace por lo general en condiciones de obscuridad, pero también se han tenido buenas incubaciones en invernaderos, donde los rayos solares son atenuados con malla sombra, pasando luz para iluminar y calentar el área del invernadero (Figura 6).



Figura 6. Bolsas en el área de incubación

Una buena incubación se nota al tercer día por un avance inicial claro y vigoroso del micelio sobre el sustrato, con el paso de los días el micelio debe avanzar sobre el sustrato sin detenerse hasta cubrirlo completamente al cabo de tres o cuatro semanas. El olor debe ser agradable cuando todo marcha bien, de lo contrario habrá olores desagradables (olor a micelio, a fermento, a enmohecido y a pudrición) y se puede observar escurrimientos excesivos, presencia de mosquitos, manchas en el sustrato (verdes, negras, anaranjada) poco desarrollo del micelio o concentrado en alguna parte. Si existe alguno de los problemas ya mencionados en alguna bolsa es recomendable eliminarla.



Figura 7. Bolsa incubada (30 días después de la siembra)

Se determina que la etapa de incubación ha concluido, cuando el micelio ha colonizado el sustrato y se ve la bolsa como una masa compacta blanco-algodonosa como las que se observan en la figura 7.

#### **2.3.1.5. Producción**

Después de haberse incubado las bolsas, estas se pasan al área de fructificación para que se inicie la formación de primordios, la cual debe ser un área amplia que mantenga las condiciones necesarias de humedad, ventilación, temperatura e iluminación.

La temperatura de fructificación varía con las especies, generalmente se considera una temperatura entre 15 y 20°C.



Figura 8. Bolsas puestas en el área de producción

En ésta área, la humedad es un factor sumamente importante en el desarrollo, se menciona un rango de 60-95% para la mayoría de las especies de *Pleurotus*. Es siempre recomendable tener un higrómetro para saber en que condiciones de humedad se comportan mejor los hongos.



Figura 9. Agregados miceliales (primordios)

Cuando las condiciones son satisfactorias se inicia la inducción, que es un período de transición entre el crecimiento del micelio y la producción de cuerpos fructíferos, donde el micelio al recibir el estímulo de bajas temperaturas, el oxígeno, un ambiente húmedo y luz, se agrega entre sí, formado agregados miceliales, que son el inicio de los próximos frutos, se reconocen por ser puntos de crecimiento del micelio más denso que el resto de la masa, el cual irá aumentando de tamaño hasta verse como la cabeza de un alfiler. Los primordios o botones deben presentar un aspecto suave, terso, carnososo, limpio y brillante, como se ilustra en la figura 9.

En general, el tiempo necesario para la inducción de primordios puede ir desde los tres primeros días de haber puesto la bolsa en el área de fructificación hasta 2 o 3 semanas después.



Figura 10. Crecimiento de primordios

Una vez que el fruto ha alcanzado un tamaño visible, esto es, entre 3 y 5 mm de diámetro, se empezará a desarrollar la seta como se ilustra en la figura 10. Después de 4 y 5 días aproximadamente de que se inició su crecimiento, la “seta” alcanza su madurez para que pueda ser cosechada, tal y como se ilustra en la figura 11.



Figura 11. “Setas” desarrolladas

En una sala de cultivos no todas las bolsas producen al mismo tiempo, hay diferencias de dos a cuatro días entre ellas, pero un 40% si produce al mismo tiempo.

#### **2.2.1.6. Cosecha**

Para cosechar se debe observar que los cárforos alcancen el mayor tamaño posible figura (12). No se debe permitir que el borde del píleo se ponga totalmente plano o se prolongue hacia arriba porque pierde calidad.



Figura 12. “Seta” madura y lista para ser cosechada.

Las setas se cortan de manera manual girándola o bien con la ayuda de un cuchillo; el corte debe de ser con mucho cuidado para evitar daños físicos, ya que de lo contrario pierde apariencia.





Figura 13. Cosecha de “setas” de manera manual.

#### 2.2.1.7. Empaque

Para comercializar las “setas” se utilizan cajas de plástico con capacidad para 3 kilogramos, de cartón, platos de unicel, esto depende del lugar de venta y de acuerdo a las necesidades de los clientes (mercado).



Figura 14. Setas seleccionadas en charolas de unicel en presentación de ½ Kg.



Figura 15. “Setas” en cajas de plástico para su venta a granel

### 2.3. Modelo teórico para la función de producción de “setas”

El modelo usado para alcanzar el objetivo se basó en la teoría de la producción, la cual establece que la función de producción es la exposición de la relación funcional entre los insumos y la producción. La función de producción muestra la cantidad máxima de producción que puede obtenerse con una cantidad dada de factores (Samuelson, 2002). Así, para determinar la interrelación de insumos utilizados en el proceso productivo con la cantidad producida, se planteo el siguiente modelo teórico, que presenta como variable dependiente a la cantidad de “setas” en un ciclo de producción (4 meses -5 meses) y como variable independiente o explicativas de dicha cantidad al insumo que esta determinado por la cantidad en ese mismo ciclo, quedando de la siguiente manera:

$$Q = f(B)$$

Donde :

$Q$  = Cantidad de setas

$B$  = Número de bolsas

## 2.4. Modelo empírico para la función de producción para el cultivo de “setas”

El modelo empírico es similar al modelo teórico, sólo que al primero se le incluye un término aleatorio de error. Esto es, una parte de la variación es explicada por las variables independientes incluidas en el modelo empírico, mientras que la parte no explicada se atribuye al término aleatorio de error. Usualmente dicho término se debe a que no fueron consideradas otras variables independientes importantes, por errores de medición en las variables o porque la forma de la función utilizada no fue la apropiada.

El modelo empírico que se estableció fue una función cúbica con ordenada al origen de cero porque no se tiene producto sin sembrar bolsa alguna. La forma funcional a estimar es la siguiente:

$$Q_i = \alpha_1 B_i + \alpha_2 B_i^2 - \alpha_3 B_i^3 + e_i$$

1)

Donde para la observación  $i$ ,  $Q$  es la producción de setas,  $B$  es el número de bolsas,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  son los parámetros, y  $e_i$  es el término de error.

Una vez estimada la función de producción se derivaron algunos indicadores importantes para dar recomendaciones a la empresa. La función de producto marginal ( $PMg$ ) se obtuvo derivando la función de producción estimada con respecto a la variable independiente. El producto total es máximo donde el producto marginal es cero.

$$PMg = \frac{dQ}{dB}$$

2)

La función de producto medio ( $PM_e$ ) resulta de la división de la función de producción entre el nivel de insumo. Si se deriva la función del producto medio y se iguala a cero, se obtiene el número de bolsas donde el producto medio es máximo.

$$PM_e = \frac{Q}{B}$$

3)

El nivel de insumo que maximiza la ganancia se obtiene igualando el valor del producto marginal ( $PM_g$  por el precio del producto  $P_Q$ ) con el costo marginal, que en este caso es igual al precio del insumo ( $P_B$ ), esto es:

$$PM_g \times P_Q = P_B$$

4)

La elasticidad insumo-producto, definida como el cambio porcentual de la producción de setas, ante un cambio porcentual de 1% en el número de bolsas se obtuvo dividiendo la función de producto marginal, sobre la función de producto medio, esto es:

$$Ep = \frac{PM_g}{PM_e}$$

5)

Una vez planteado el modelo se utilizó el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para llevar a cabo la regresión lineal, debido a que los valores estimados de mínimos cuadrados poseen algunas propiedades ideales u óptimas. Estas propiedades están contenidas en el muy conocido teorema de Gauss-Markov.

Dados los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios, dentro de los estimadores lineales insesgados, tienen varianza mínima, es decir, son los mejores estimadores lineales insesgados (MELI), si cumplen lo siguiente:

- 1) Es lineal, es decir, función lineal de una variable aleatoria, tal como la variable dependiente  $Y$  en el modelo de regresión.
- 2) Es insesgado, es decir su valor promedio o esperado,  $E(\beta_1)$ , es igual al valor verdadero  $\beta$
- 3) Tiene varianza mínima dentro de la clase de los estimadores lineales insesgados; un estimador con varianza mínima es conocido como un estimador eficiente.

## **2.5. Modelo para determinar los costos totales de producción**

Para conocer los costos de producción se utilizó el siguiente modelo

$$CT = CF + CV$$

6)

*Donde:*

$CT$  = Costo total

$CF$  = Costo fijo

$CV$  = Costo variable

Para cuantificar el costo fijo ( $CF$ ), se tomaron los costos de operación de la microempresa del año 2007. Estos costos comprenden: costos de mantenimiento de la empresa, salarios de los empleados y gastos administrativos.

Para el costo variable se calculó el costo de sembrar una bolsa, considerándose el valor de la mano de obra, agua, paja, cal y micelio.

## **2.6 El ingreso en relación a la producción**

Una vez que se formuló la función de producción, se multiplica la producción por su precio de venta, teniéndose así la función de ingreso, de forma similar con el producto marginal ( $Pmg$ ) y el precio del producto se determina el incremento del ingreso total al añadir una unidad de insumo y que se denomina valor del producto marginal ( $VPmg$ ).

Al maximizar el ingreso neto se obtiene el óptimo económico en el uso de los recursos. La maximización del ingreso neto se dará cuando el ingreso marginal ( $IMg$ ) sea decreciente e igual al costo marginal ( $CMg$ ).

### **3. LOS HONGOS Y SU CULTIVO**

#### **3.1. Generalidades de los hongos**

De acuerdo a Miles y Chang 1997, Mayett, 2003, en algún momento de la historia, cuando el conocimiento biológico se limitaba a lo que se podía ver a simple vista, los seres vivos se dividieron en dos reinos: plantas y animales. Debido a que los hongos poseen una pared celular, la cual esta presente en plantas pero ausente en animales, se ubicaron a los hongos en el reino de las plantas (1753). Sin embargo, no fue correcto ubicar a los hongos en ese reino, ya que estos carecen de clorofila, por lo que son incapaces de efectuar el proceso de fotosíntesis. Desde el punto de vista de su nutrición, los hongos son organismos heterotróficos, ya que para alimentarse requieren de transformar compuestos orgánicos a través de un proceso de absorción, por medio de sus paredes celulares. Los animales también son heterotróficos, pero poseen nutrición digestiva y carecen de paredes celulares. Esto ha hecho que muchos micólogos consideren a los hongos como un grupo aparte y justifiquen su ascenso a la categoría de reino (MYCETEAE).

Se calcula que existen cerca de 250 mil especies de hongos, entre las que pueden encontrarse variedades micro y macroscópicas. Estos organismos están constituidos por una fase vegetativa (micelio) y otra reproductora (cuerpo fructífero). Los hongos macroscópicos tienen el mismo sistema de crecimiento vegetativo en forma de hifas y micelio que los hongos microscópicos, sin embargo tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible; constituyen un enorme grupo de más o menos 10,000 especies que producen cuerpos fructíferos de diferente color, forma y tamaño, los cuales pueden ser comestibles o no comestibles por su textura y consistencia (Martínez Carrera *et al*, Franco 1996).

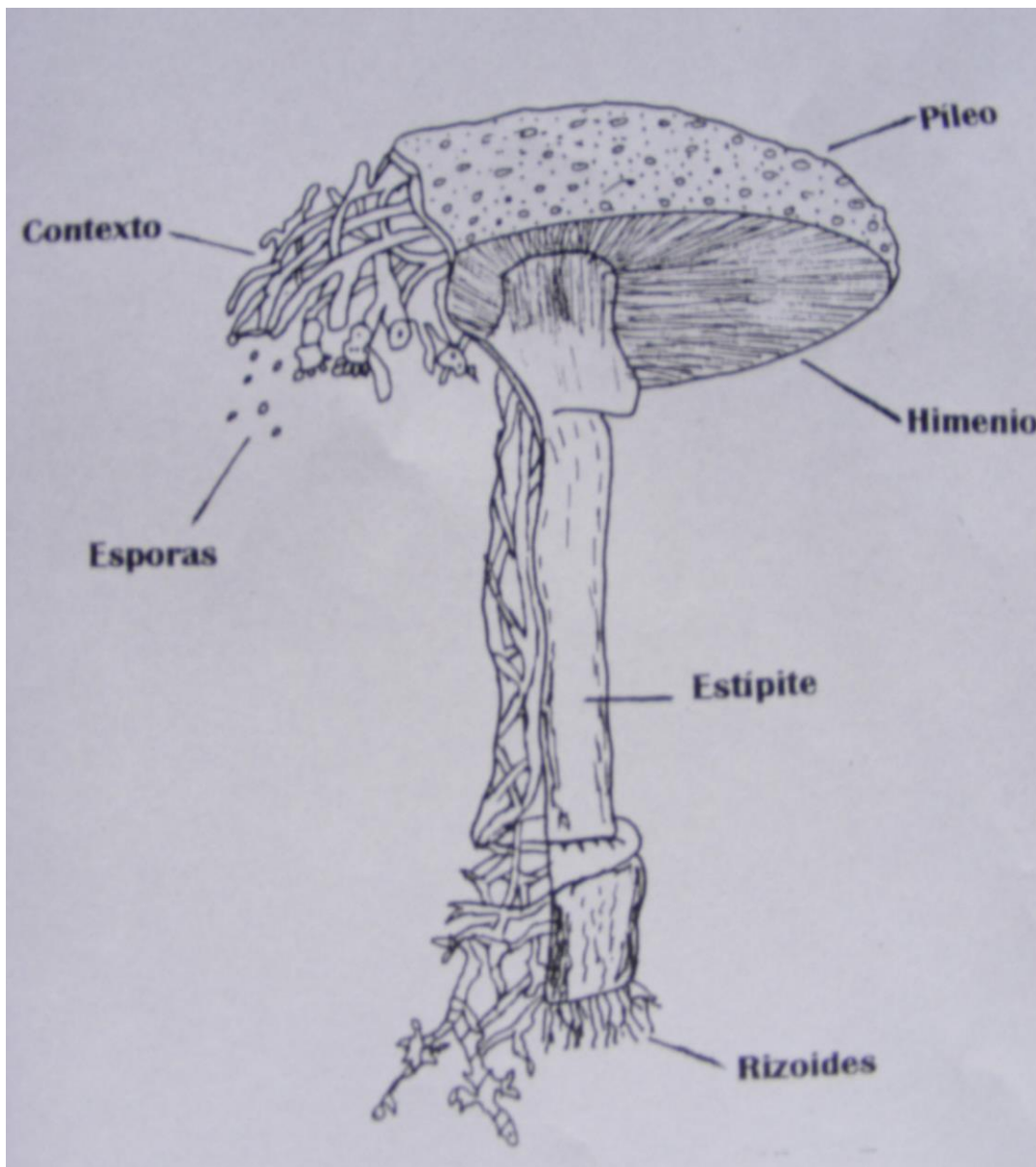


Figura 16. Partes que conforman un basidiomiceto.

El cuerpo fructífero de los hongos se encuentra generalmente constituido por las siguientes partes: micelio, píleo o sombrero, contexto o carne, estípite o tallo, el himenio y las esporas (Figura 16).

Los hongos presentan un nivel de organización celular, pluricelular o dimórfico. El cuerpo vegetativo o soma, que recibe el nombre de talo, nunca presenta vasos conductores de savia ni está diferenciado en raíz, tallos u hojas como las plantas. Aunque el talo puede ser unicelular o



plasmoidal en la mayoría de los casos es filamentoso y, entonces, se dice que es micelial; por estar constituido por un conjunto de filamentos, denominados hifas, que reciben el nombre de micelio. Talos con paredes celulares bien definidas, constituidas principalmente por quitina, en combinación con diversos polisacáridos (hemicelulosa y pequeñas cantidades de lípidos). Aunque carecen de clorofila, muchos hongos tienen pigmentos que les proporcionan coloraciones muy diversas: rojas, anaranjadas, amarillas, blancas, azules, violetas, grises o negras, con todas las tonalidades intermedias posibles: también pueden presentar colores verdes o verdosos pero, en este caso, se debe a sustancias peculiares de los hongos, que no tienen semejanza química con la clorofila (Chang y Miles, 1989). Su Respiración fundamentalmente es aerobia. Nutrición heterótrofa, es decir, requieren de materia orgánica para desarrollarse. Existen formas saprofitas, simbióticas y parásitas. Los hongos **saprófitos** son los que viven en la materia orgánica inerte, incluyendo madera muerta, hojas tiradas, estiércol, etc. Los **parásitos** son los que se mantienen a expensas de plantas o animales vivos, y los hongos **simbióticos** forman una relación íntima con otros microorganismos, como son las raíces de los árboles.

Su reproducción puede ser asexual y sexual de tipos muy diversos según los casos pero, generalmente, con la producción de esporas móviles (planosporas) o inmóviles y de pared a veces muy gruesa (aplanosporas). En casi todos los hongos lo más común es la multiplicación vegetativa por fragmentación de sus hifas y micelio y aún por gemación y ruptura de sus fructificaciones, lo que favorece su amplia distribución en la naturaleza.

El ciclo de vida de los hongos superiores implica una sucesión de etapas que va desde la germinación de las esporas hasta la formación de cuerpos fructíferos que comúnmente se le llama hongos. Las principales estructuras de las diferentes etapas del ciclo de vida se ilustran en la figura 17 (Díaz- Barriga, 1992). En la naturaleza, el cuerpo fructífero produce las esporas, las cuales caen en un medio apropiado, germinan y producen el micelio. El micelio crece en el

sustrato natural produciendo los primordio que bajo condiciones ideales se transforman en cuerpo fructífero, cuyo crecimiento viene acompañado de la formación y liberación de las basidiosporas.

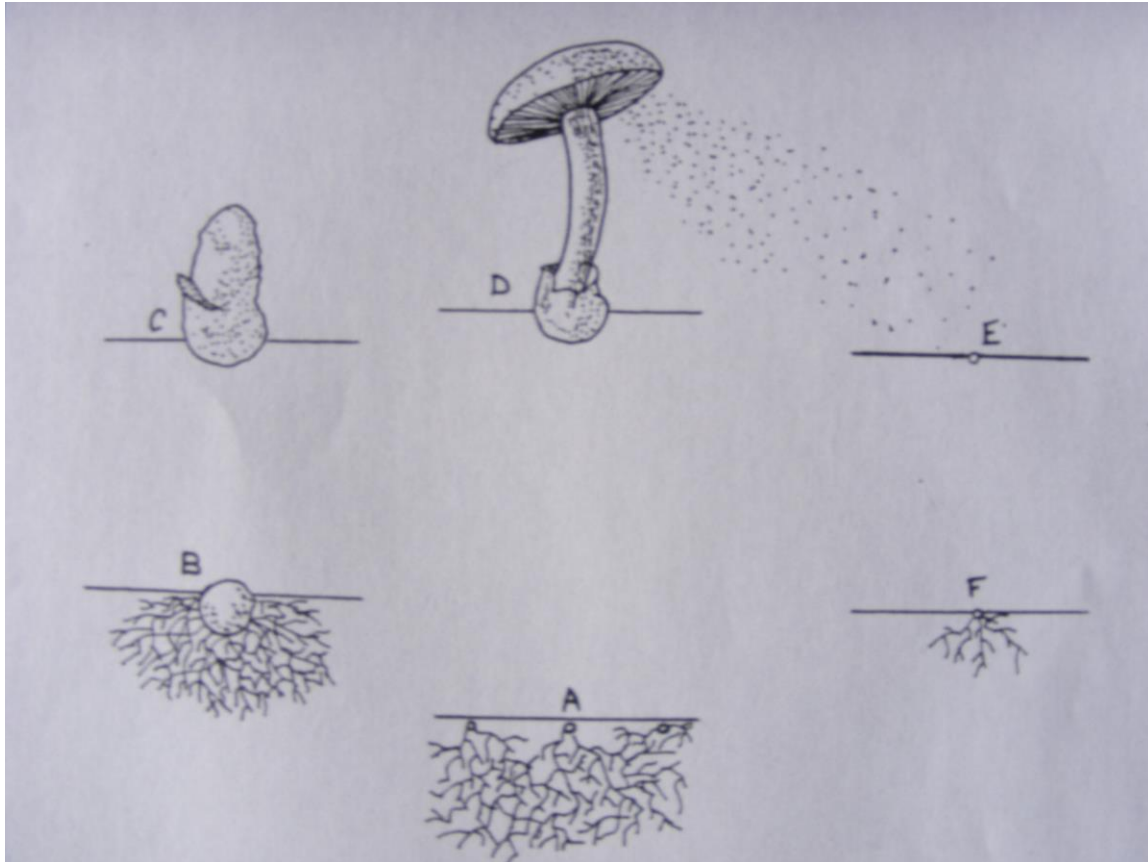


Figura 17. Ciclo reproductivo de un hongo: A) micelio; B) Primordio del cuerpo fructífero; C) desarrollo del cuerpo fructífero del hongo; D. Cuerpo fructífero; E) Esporas; F) Germinación.

En el ciclo de vida de un hongo, el cuerpo fructífero ocurre brevemente. La red micelial puede permanecer en letargo por meses, algunas veces años y puede producir un sólo flujo de hongos. Durante las pocas semanas de fructificación, el micelio esta en un estado de crecimiento frenético, acumulando nutrimentos y formando masas densas en forma esférica llamados **primordios** que eventualmente se agranda en una estructura erecta del hongo. Las láminas se desarrollan primero del tejido en la parte inferior del sombrero, apareciendo como dobleces,

volviéndose luego sierras abombadas y eventualmente se extienden en placas verticales, planas. Estas láminas simétricas están pobladas con células productoras de esporas llamadas **basidios**.

### 3.2. Cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*)

La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición ladeada, refiriéndose a la posición del pie en relación al sombrero. El epíteto de la especie se refiere a su apariencia y color de la ostra como concha (Stamets, 1983). Este género, es conocido con el nombre común de “seta”. Las “setas” son la parte más visible del hongo, son el fruto del mismo y, comparativamente, podría decirse que si el naranjo es la planta en conjunto y la naranja su fruto, el hongo es el individuo total y la seta una parte del mismo que equivale a su fruto (Diego de Calonge, 1990).

Stamets 1983, menciona que las “setas” tienen sombrero en forma de lengua, madurando a la forma de concha, 50-150 mm de diámetro, blanquecino a gris a gris azul en general (el color está determinado por el factor de la luz es esta especie). La carne es delgada y blanca. El margen es liso y ocasionalmente ondulado. Las láminas son blancas, decurrentes y ampliamente espaciadas. El pie esta unido de en forma descentrada y es corto al principio y ausente con la edad. Sus esporas son blanquecinas a gris lila en masa.

Taxonómicamente, las setas son identificadas de la siguiente manera:

Reino:	Fungi
División:	Eumycota
Subdivisión:	Basidiomycetes
Clase:	Hymenomycetes
Subclase:	Holobasidiomycetidae
Orden:	Agaricales

Familia:	Tricholomataceae
Género:	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>Ostreatus</i>

Se considera a la “seta” uno de los alimentos microbianos más antiguos consumidos por el hombre. Su producción es una de las pocas posibilidades existentes para la bioconversión de residuos lignocelulósicos. García Rollan (1993), menciona que se consigue su cultivo sembrando esporas o micelio, utilizando como sustrato restos vegetales ricos en celulosa (paja de cereales).

### **Requerimientos ambientales**

De acuerdo a Stament (1983), para el cultivo de “setas” se requiere paja de cereal (normalmente de trigo) balanceada a un contenido de humedad de 75%. La paja, cortada o completa es pasteurizada sumergiéndola en un baño de agua a 70°C por 30-45 minutos. Un método alternativo utiliza la pasteurización con vapor vivo a 60 °C por 6 horas. En Japón, se cultiva al *Pleurotus* en una mezcla de aserrín de madera dura y salvado (4 partes a 1.65% de humedad y un pH de 6.8 a 7.0).

Para que invada el micelio al sustrato se requiere lo siguiente:

Humedad relativa:	90- 100%
Temperatura del sustrato:	26-29°C
Duración:	10-14 días para la colonización completa
CO <sub>2</sub> :	20,000 ppm o 20% de CO <sub>2</sub> por volumen
Luz:	En oscuridad total

Desarrollo del cuerpo fructífero:

Humedad relativa:	85- 92%
Temperatura del aire:	16-18°C
Duración:	5-7 semanas
CO <sub>2</sub> :	menos de 600 ppm
Intercambio de aire fresco:	4-6 por hora o suficiente para lograr los requerimientos de CO <sub>2</sub>
Luz:	Fototrópico, responde más a una exposición de 2,000 lux/hora por 12horas/día. Es suficiente luz natural difusa.

Biológicamente, el *Pleurotus ostreatus* utiliza eficientemente su substrato. Su habilidad para fructificar en un substrato de un solo componente, para penetrar la paja rápidamente mientras que tolera los altos niveles de bióxido de carbono y produce cosechas abundantes en un corto período de tiempo, ello hace del *Pleurotus* ideal para su cultivo.

## 4. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE “SETA”

### 4.1. Importancia económica

#### 4.1.1. Mercado mundial

En el mercado mundial, de acuerdo a la FAO, para el año 2005, la producción de hongos y “setas” se estimó en 3, 340,997.00 toneladas, siendo los principales países productores China y Estados Unidos.

Cuadro 1. Principales países productores de hongos y setas (toneladas)

País	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	TCMA*
China	508,672	808,231	969,834	1,059,797	1,309,455	1,360,501	1,410,535	10.74
E U A	352,836	383,830	376,980	377,080	391,000	391,000	395,000	1.14
P. Bajos	230,000	265,000	275,000	270,000	263,000	260,000	260,000	1.23
Francia	164,154	203,811	196,254	175,288	165,647	170,000	165,000	0.05
España	75,968	63,254	109,605	134,669	129,205	181,223	165,000	8.07
Polonia	100,000	100,000	110,000	120,000	120,000	130,000	135,000	3.05
Italia	65,285	72,492	79,200	79,695	96,090	94,152	88,355	3.07
Canadá	62,690	80,241	86,357	75,075	87,937	84,682	85,000	3.09
R. Unido	101,671	89,900	92,600	84,700	81,000	74,000	74,000	-3.13
Japón	74,495	67,224	66,100	64,400	65,400	64,000	65,000	-1.35
Alemania	57,000	62,000	63,000	62,000	60,000	65,000	65,000	1.32
Mundo	2,055,599	2,588,764	2,818,809	2,907,973	3,203,348	3,296,937	3,340,997	4.98

\*Tasa de crecimiento media anual (TCMA).

Fuente: FAO Dirección de Estadística 2006

En la figura 18, se ilustra que del total de la producción, China participó en el año 2005 con el 42.2%, Estados Unidos con el 11.8% y los países bajos con el 7.8%.

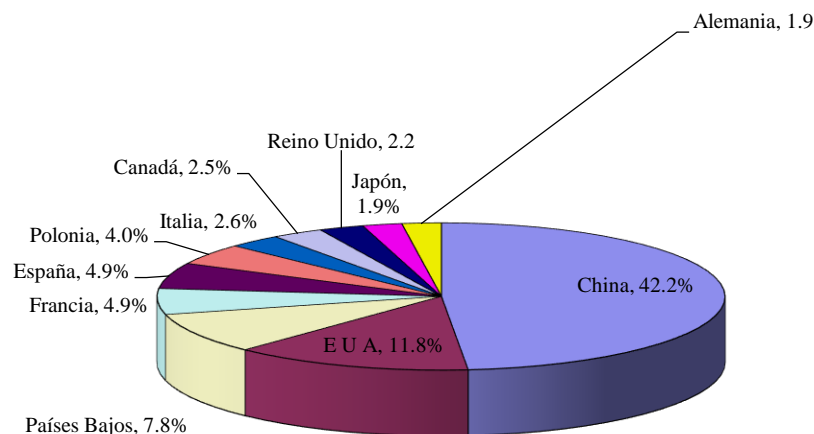


Figura 18. Participación de los principales países en la producción de hongos y “seta” en 2005.

La tasa de crecimiento de la producción mundial de hongos para el período 1995-2005 fue de 4.98% promedio anual, cifra que muestra el crecimiento acelerado de la producción de países como China, que presenta un crecimiento promedio anual de 10.74% y España de 8.07% anual, y la incursión de países como México. Otros países como Japón y Reino Unido tuvieron decrementos en su producción como se muestra en el cuadro 1.

El crecimiento de la producción de hongos, se debe seguramente al cambio en la estructura de la población y su alimentación, es decir, en la actualidad se buscan alimentos para nutrir y prevenir enfermedades (Brambilla, 2006). Los hongos cumplen con las expectativas nutrimentales que busca la población, es un alimento con excelente sabor, aroma y textura, nutritivo y medicinal.

#### **4.1.1.1. Exportaciones**

Las exportaciones mundiales de setas y hongos (champiñón) entre 1995 y 2004, crecieron a una tasa del 9.54% promedio anual; en 2004 se comercializaron 403,320.00 toneladas por un valor de 1.106.314,00 millones de dólares (cuadro 2).

En las exportaciones mundiales, Polonia para el año 2004 exportó 98,507.00 toneladas de hongos y setas, lo cual representa el 75.77% de su producción total, indicando que el 24.23 % de su producción es para consumo interno desplazando a China, quien en el año 2000 era el principal país exportador (cuadro 2).

Sobresale, por el incremento de las exportaciones, Polonia, quien pasó de 6,167.00 toneladas en 1995 a 98,507.00 toneladas en 2004, con una tasa de crecimiento anual del 36.05%. Mientras que las exportaciones de Estados Unidos disminuyeron 4.10% anual (cuadro 2).



Cuadro 2. Principales países exportadores de “setas” y hongos (Toneladas métricas)

País	1995	2000	2001	2002	2003	2004	Tasa de Crecimiento (%)
Mundo	177,543.00	300,887.72	351,053.70	346,093.00	364,722.00	403,320.00	9.55
Polonia	6,167.00	16,935.99	35,444.00	50,493.00	72,313.00	98,507.00	36.05
P. Bajos	36,242.00	60,342.00	65,190.00	67,352.00	67,000.00	78,858.00	9.02
China	36,112.00	61,231.87	56,524.00	41,051.00	45,217.00	50,443.00	3.78
Irlanda	29,502.00	39,702.00	49,515.00	51,145.00	51,788.00	41,601.00	3.89
Canadá	2,487.00	15,572.81	17,457.00	20,324.00	23,044.00	24,066.00	28.68
Hungría	6,926.00	16,857.70	18,660.00	15,753.00	14,982.00	12,326.00	6.61
Lituania	1,965.00	5,490.00	5,579.00	1,739.00	4,844.00	8,020.00	16.91
Alemania	1,006.00	8,204.00	11,227.00	10,681.00	11,079.00	6,894.00	23.84
Rusia	1,113.00	5,880.06	2,831.00	871.00	4,040.00	6,033.00	20.66
Austria	968.00	6,018.00	6,643.00	5,596.00	5,217.00	4,455.00	18.49
Francia	2,541.00	4,220.00	4,483.00	4,525.00	4,194.00	4,199.00	5.74
India	1,560.00	7,599.00	11,798.00	14,335.00	6,581.00	4,128.00	11.42
USA	5,330.00	6,630.52	5,445.00	4,134.00	3,753.00	3,656.00	-4.10
Indonesia	4,510.00	3,049.89	3,692.00	3,744.00	1,599.00	3,351.00	-3.25
Rumania	2,271.00	1,389.00	3,722.00	3,886.00	2,131.00	2,999.00	3.14
Italia	2,462.00	3,054.00	3,737.00	3,042.00	2,576.00	2,306.00	-0.72
México	113.00	122.82	209.00	670.00	1,092.00	1,486.00	33.15
España	960.00	1,015.00	1,180.00	1,426.00	2,168.00	1,039.00	0.88

Fuente: FAO Dirección de Estadística 2006.

#### 4.1.1.2. Importaciones

En el cuadro 3 se observa que en 2004 Alemania fue el principal país importador de hongos y “setas” en el mundo, que participó con el 13.6% del volumen total, le siguen en importancia Japón con el 7.11%. El crecimiento más significativo en el volumen importado lo tiene Estado

Unidos, con una tasa de crecimiento promedio anual de 30.49% entre 1995 y 2004, seguido de España con un crecimiento del 21.49% anual (Ibid).

Cuadro. 3 Principales países importadores de “setas” y hongos (toneladas)

País	1995	2000	2001	2002	2003	2004	Tasa de crecimiento (%)
Alemania	34,192.00	55,251.00	69,767.00	54,259.00	70,268.00	57,046.00	5.85
Japón	30,402.00	46,110.31	39,472.00	31,121.00	27,476.00	29,864.00	-0.20
P. Bajos	10,947.00	15,221.00	20,584.00	23,570.00	25,256.00	29,829.00	11.78
EUA	2,482.00	16,650.67	18,466.00	22,108.00	25,985.00	27,235.00	30.49
Austria	6,635.00	14,187.00	16,899.00	14,235.00	13,340.00	14,114.00	8.75
Italia	6,480.00	10,406.00	14,789.00	12,598.00	9,484.00	10,956.00	6.01
Suecia	4,753.00	7,837.00	7,847.00	8,132.00	9,091.00	9,713.00	8.26
China	3,526.00	6,599.24	8,193.00	7,550.00	8,055.00	7,931.00	9.42
Noruega	2,453.00	2,808.69	3,045.00	3,557.00	4,361.00	4,653.00	7.37
Dinamarca	864.00	2,863.00	2,649.00	3,133.00	3,758.00	4,292.00	19.49
Canadá	4,397.00	8,216.23	5,984.00	4,483.00	4,171.00	3,887.00	-1.36
Suiza	2,025.00	1,945.47	2,107.00	1,818.00	1,648.00	1,986.00	-0.22
España	269.00	561.00	965.00	803.00	890.00	1,551.00	21.49
México	133.00	332.08	367.00	413.00	526.00	490.00	15.59
Mundo	177,031.42	300,007.70	336,958.49	324,279.00	384,739.00	419,578.00	10.06

Fuente: FAO Dirección de Estadística 2006

La producción de Alemania para el año 2004 fue de 65,000 toneladas, importó 57,046 toneladas y exportó 6,894, lo que significa que su demanda fue de 115,152 toneladas, con lo que se puede concluir que su producción sólo cubre el 56.44% de su demanda interna (cuadro 3).

### **4.1.1.3 Consumo mundial**

El consumo per cápita mundial de “setas” y hongos para el año 2001 se estimó en 0.44 kg al año, con un crecimiento promedio anual de 3.8%. El consumo mundial está más fuertemente influenciado por países asiáticos con tradición en el consumo y nivel poblacional más alto, aunque en los últimos años el consumo de setas y hongos se ha incrementado en el mundo, presentando un interesante potencial de mercado.

Estados Unidos es un mercado atractivo para las setas y los hongos, si se tiene en cuenta que la producción se incrementó en 1.14% entre 1995 y 2004, las importaciones de hongos frescos crecieron en un 30.49% promedio anual en estos mismos años, y el consumo tuvo una tasa de crecimiento anual de 1.8 entre 1993 y 2002, siendo ésta una tasa significativa si se considera el tamaño de la economía estadounidense (FAO, 2006). El departamento de Agricultura de Estados Unidos ha establecido estándares de calidad (tamaño, madurez, presentación y sanidad), específicos para los hongos frescos y procesados que importa Estados Unidos, y que se encuentra en las normas: 51.3385 para hongos frescos y 51.3435 para hongos procesados. De acuerdo a la norma para hongos frescos, el producto se debe encontrar maduro, en buen estado y con buen aspecto, es decir, sin manchas, plagas, enfermedades o lesiones producidas por insectos; además, el empaque debe estar en perfecto estado y completamente cerrado. El tamaño, especificado así: para los pequeños y medianos son aceptados los hongos que miden hasta 1-5/8 pulgadas de diámetro (4.11 cms) mientras que los grandes deben superar este diámetro.

#### **4.1.2. Mercado Nacional**

El cultivo de setas es una actividad económica con potencial de desarrollo que se realiza en la mayoría de los estados de la república mexicana. Actualmente se observan cultivos a diferentes niveles en 21 de las 32 entidades federativas: Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Colima, D.F., Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas ( Sánchez Vázquez, *et al.*, 2007). Por otro lado, Gante 1994, menciona que la distribución de las unidades productoras de hongos en el país es tal que actualmente se podría afirmar que sigue una franja geográfica que se extiende desde el centro de Veracruz, pasa por varios estados del centro del territorio y termina en Michoacán. Esta zona, metafóricamente podría ser llamada “la banda del hongo” Los elementos que permiten explicar esta distribución geográfica serían: las tradiciones micofaga y la existencia de mercados regionales localizadas; presencia de microclimas propicios para el cultivo de hongo.

##### **4.1.2.1. Producción**

Como se observa en el cuadro 4, el volumen de producción en México en el año 2004, ascendió a 47,468 toneladas anuales de hongos frescos. Los géneros de hongos comestibles que se cultivan comercialmente en México son *Agaricus* ( 94.3%), *Pleurotus* (5.6% ) y *Lentinula* (0.1%).

Cuadro 4. Producción de hongos y “setas” en México

<i>Año</i>	<i>Producción</i> (Toneladas)	<i>Champiñón</i> (Toneladas)	<i>Setas</i> (Toneladas)	<i>Lentinula</i> (Toneladas)
1945	5	4.715	0.28	0.005
1955	100	94.3	5.6	0.1
1960	200	188.6	11.2	0.2
1965	400	377.2	22.4	0.4
1970	1,150.00	1,084.45	64.4	1.15
1972	1,700.00	1,603.10	95.2	1.7
1974	2,220.00	2,093.46	124.32	2.22
1975	2,430.00	2,291.49	136.08	2.43
1991	9,036.00	8,520.95	506.016	9.036
1995	27,825.00	26,238.98	1,558.20	27.825
1998	28,895.00	27,247.99	1,618.12	28.895
2001	38,708.00	36,501.64	2,167.65	38.708
2004	47,468.00	44,762.32	2,658.21	47.46

Fuente: Elaboración propia con datos de Mora y Martínez- Carrera, 2006

El cuadro No. 4, indica que la producción de “setas” se ha incrementado a una tasa promedio anual de 16.79% para el periodo 1945 a 2004, lo que muestra la importancia económica, social y ecológica que tiene el cultivo.

México es el principal productor de Latinoamérica, ya que genera alrededor del 58.9% de la producción total de la región y se ubica como el 16° productor mundial.

#### 4.1.2.2. Exportaciones

Cuadro 5. Exportaciones e importaciones de hongos y “setas” de México

Año	Exportaciones	Importaciones
1995	113.00	133.00
2000	122.82	332.08
2001	209.00	367.00
2002	670.00	413.00
2003	1092.00	526.00
2004	1486.00	490.00

Fuente: FAO Dirección de Estadística 2006

En el cuadro anterior, se observa que las exportaciones de México crecieron a una tasa promedio anual de 33.14% para el periodo 1995 – 2004.

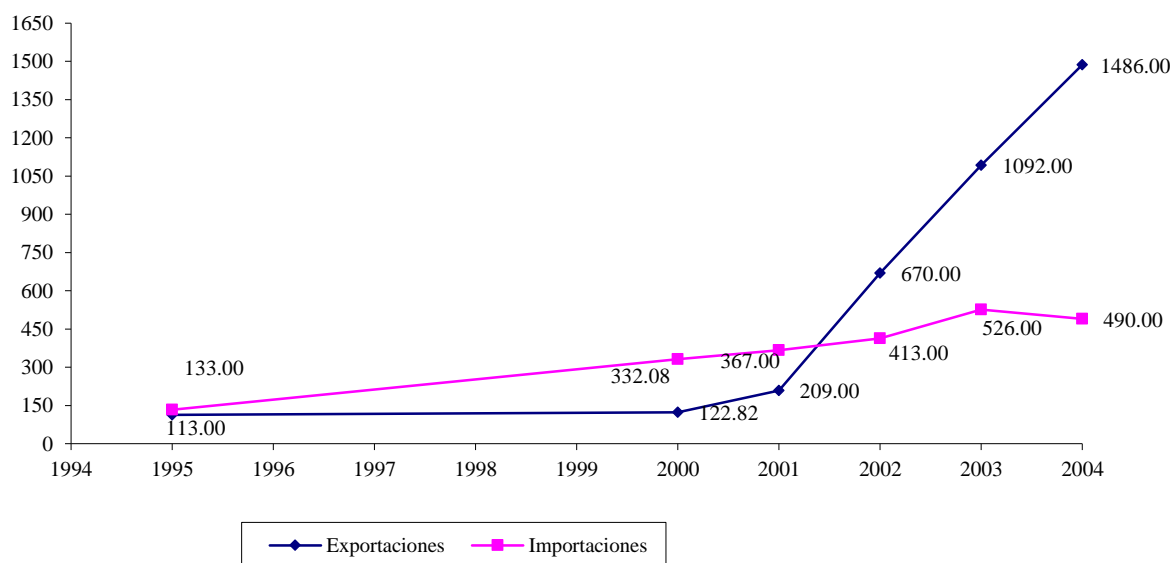


Figura 19. Importaciones y exportaciones de México

#### **4.1.2.3. Importaciones**

Los volúmenes de importación de México en el periodo 1995- 2004, crecieron a una tasa promedio anual del 15.59%. Seguramente este crecimiento se debe al aumento en el consumo de productos naturales que cada vez cobra mayor importancia.

#### **4.1.2.4 Consumo**

La experiencia de los cultivadores de hongo seta muestra que el consumo cada vez es mayor; a diferencia de otros hongos exclusivos o “exóticos” destinados a los sectores particulares con consumidores de gustos específicos o gourmet (este sería el caso del Shitake u hongo japonés).

En el medio urbano se considera que el *pleurotus* (seta) es un producto dirigido a las clases media, media-alta y alta, debido fundamentalmente a su precio, aunque también a la cultura culinaria de éstas.

Datos reportados por Sánchez *et al*, 2006, indican que el consumo per cápita en 2004 fue de 0.562 kg de hongos comestibles por año, cifra que es relativamente baja en comparación con otros productos agrícolas.

#### **4.1.3. Comercialización**

La mayor parte de la producción y la comercialización se lleva en la región central de México. El sistema de mercado de los hongos comestibles está poco desarrollado (figura 20), considerando las actuales tendencias promovidas por la globalización hacia la especialización, descentralización, diversificación empresarial, calidad e inocuidad alimenticia (Martínez-Carrera *et al*. 2005).

## Canales de comercialización

Existen canales de comercialización complejos y poco eficientes, caracterizados por intermediarios funcionales que necesitan de organización, capacidad económica e infraestructura.

Los canales de comercialización localizados para el producto se ilustran en la figura 20

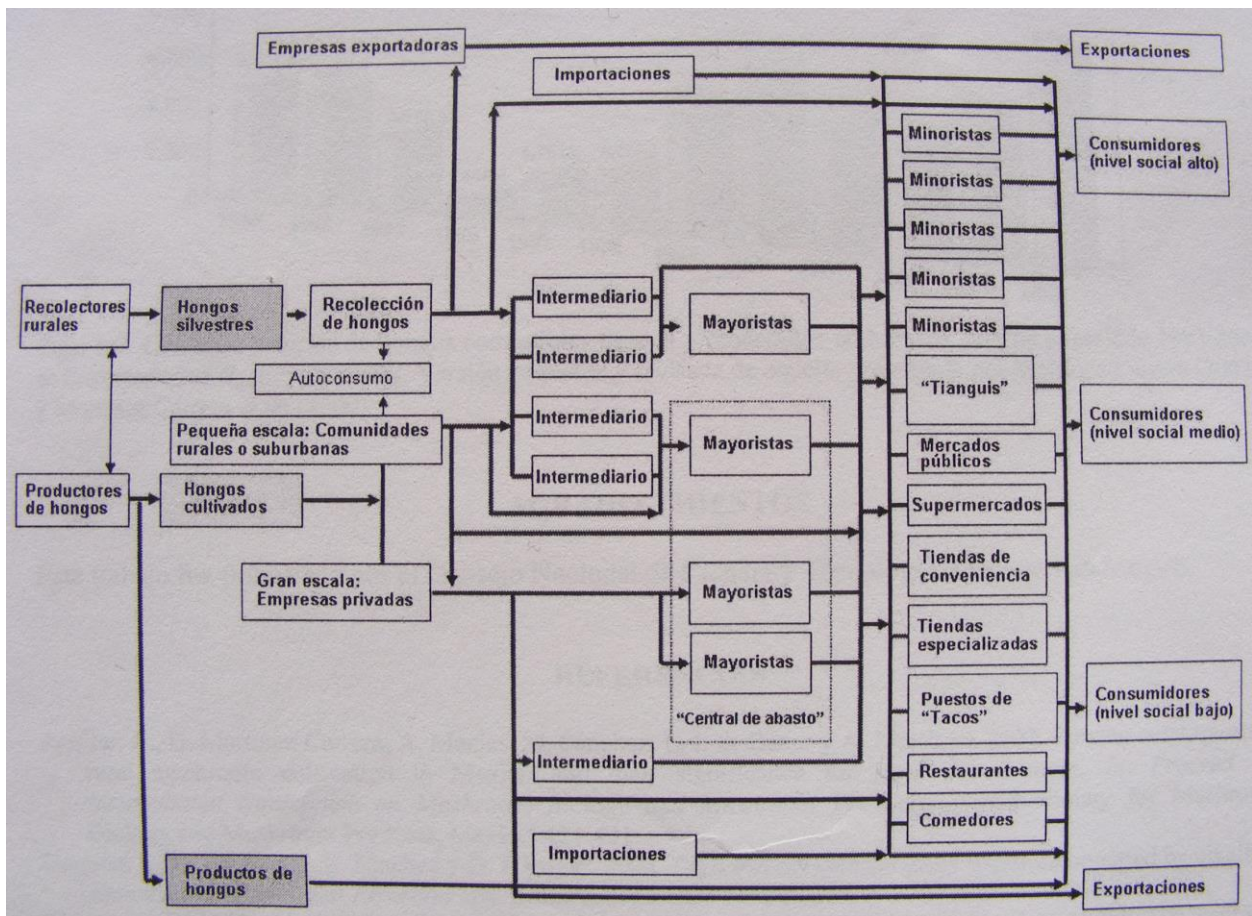


Figura 20. Principales canales de comercialización identificados en el sistema de mercado de hongos comestibles, silvestres y cultivados (Mayyet, 2004)



Los comerciantes mayoristas se ubican en las centrales de abasto de las ciudades principales del país. Los minoristas, por otro lado, están constituidos por centros comerciales de autoservicio, vendedores en mercados fijos y móviles (tianguis), tiendas especializadas y fruterías-verdulerías de bien surtido.

El procesamiento del hongo seta, para elaborar nuevos productos es muy limitado. Se concreta a la deshidratación y al enlatado en varias presentaciones. No obstante, el potencial de las setas, como producto procesado es amplio.

Actualmente para acceder al mercado, el hongo debe satisfacer varios requisitos de calidad: tamaño, frescura, integridad, color, estado de madurez, apariencia y homogeneidad. Otros requisitos son, obviamente el precio, el volumen de entrega, la constancia de la misma y la “fidelidad” del abastecedor. Gradualmente el hongo seta va ganado terreno frente al champiñón.

La producción de “setas” es un negocio cuyo mercado aún no está saturado, ni siquiera a nivel local. Asimismo, las ventas al exterior son prometedoras, según Martínez, en la Exposición Internacional de Productos Agropecuarios Comercialmente No Tradicionales -en la que participó como expositor- recibió la propuesta de varios comerciantes, principalmente japoneses, interesados en importar su producto.

Los hongos juegan un papel importante en la alimentación del hombre al igual que las carnes, pescados, frutas y vegetales. Tradicionalmente se ha considerado a los hongos como un alimento de alta calidad, con sabor y textura apreciable, y sobre todo con alto valor nutritivo (Calvo,1993).

Las “setas” se presentan en el mercado como producto fresco, a granel o en pequeños contenedores de unicel o cartón. Se comercializa, generalmente, en cuatro presentaciones: en

racimos, como “setas” seleccionadas grandes, seleccionadas pequeñas y como hongo desclasado (v.gr.roto), llamado “sopa” en la jerga del comercio.

El precio pagado en la Central de Abastos del Distrito Federal varia de acuerdo a la calidad, el precio oscila entre \$20.00 y \$27.00 el kilogramo, el precio que paga el consumidor por el producto varia en el rango de \$30.00 a \$70.00 el kilogramo, dependiendo del lugar de adquisición.

El *Pleurotus* compete con el champiñón con cierta desventaja debido a el escaso conocimiento que los consumidores tienen de las bondades de este hongo (v. gr. su sabor, *suie generis*), el precio ligeramente más elevado, el gran posicionamiento que tiene el champiñón, ya que ha estado presente en el mercado mexicano durante varias décadas, y la mayor perecibilidad

## **4.2. Importancia alimenticia y medicinal**

### **4.2.1 Propiedades nutricionales de las “ setas”**

El cultivo de *Pleurotus spp* es una industria alimentaria de importancia económica a nivel mundial, que se ha expandido en los últimos años. *P. ostreatus* es la tercera más importante de cultivo de “setas” para fines alimenticios. Nutricionalmente, presenta un sabor único y propiedades aromáticas, y se considera rico en proteínas, fibra, hidratos de carbono, vitaminas y minerales (R. Cohen, *et al*, 2002).

#### **Proteínas**

Los cuerpos fructíferos de los *Pleurotus* o setas, que son las partes comestibles, son una excelente fuente de proteína de buena calidad, esto debido a que en su contenido están presentes

aminoácidos esenciales (cuadro 6), donde los que predominan son la tirosina, leucina y lisina;. El porcentaje de proteína en peso seco es de 21.7%.

Cuadro 6. Contenido de proteína, así como el perfil de aminoácidos esenciales, de las “setas” (*Pleurotus*).

Componente	Contenido
Proteína (base seca)	21.70%
Aminoácidos esenciales (mg/100 g hongos frescos)	
Cisterna	28
Fenilamina	111
Isoleucina	82
Leucina	139
Lisina	126
Metionina	35
Tirosina	219
Leonina	106
Valina	112

Fuente. Martínez –Carrera et al 2004

## Carbohidratos

El *Pleurotus ostreatus* tiene un contenido de carbohidratos de 57.6% y 7.5% de fibra cruda, de los cuales el 33.1% es fibra dietética, considerada un ingrediente importante en una dieta equilibrada y saludable. Dentro de los carbohidratos que contienen dicho hongo, se encuentran pentosas, hexosas, sacarosa, alcoholazúcares, azúcares-ácidos, metil- pentosas y aminoazúcares como la quitina.

Cuadro 7. Contenido de carbohidratos, fibra cruda, fibra dietética total y quitina de las “setas” (Pleurotus).

Componente	Contenido en base seca
Carbohidratos	57.60%
Glucosa	10.6
Manitol mg/g	3.6
Trehalosa mg/g	2.73
Fibra cruda	7.50%
Fibra dietética total	33.1
Quitina	4.95

Fuente: Martínez Carrera et al 2004

## Lípidos

*Pleurotus ostreatus* contiene de 3 al 5% de lípidos en peso seco. La grasa cruda contenida en este tipo de hongos es mayor en el estípite que en el pileo y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroides, esterolésteres y fosfolípidos (Chang y Miles, 1989). Se ha informado que el principal lípido neutral de este tipo de hongo es un triglicérido y constituye el 29% del peso seco, el ácido graso más abundante es el ácido oleico (79.4%) con menores cantidades de ácido palmítico 14.3% y ácido linoleico 6.3% (Bano y Rajarathnam, 1982) Por otro lado, *P. ostreatus* contiene mayores concentraciones de ácidos grasos insaturados que ácidos grasos saturados (Yilmaz, et. al, 2006).

## Vitaminas

Todos los hongos suelen ser una buena fuente de tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), niacina, biotina y ácido ascórbico (vitamina C).

Cuadro 8. Contenido vitamínico de las “setas” (*Pleurotus*).

Componente	Contenido en base seca
Vitamina A (retinol)	35.2 µg/kg
Vitamina B1 (tiamina)	5.7 mg/kg
Vitamina B2 (riboflavina)	2.5 mg/kg
Vitamina B6 (piridoxina)	5.5 mg/kg
Vitamina B12 (cobalamina)	0.6 µg/kg
Vitamina C (ácido ascórbico)	20 mg/kg
Vitamina D2 (ergocalciferol)	91.7 mg/kg
Vitamina D3 (colecalfiferol)	235.9 µg/kg

Fuente. Martínez Carrera et al 2004

En el caso de *Pleurotus ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra en 5.7 mg/kg.y el de ácido ascórbico (vitamina C) es de 20 mg/kg, por lo que pueden ser una buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales.

## Minerales

Cuadro 9. Contenido de minerales de las “setas” (*Pleurotus*).

Componente	Cantidad
Cenizas	9.40%
Minerales y elementos traza (mg/kg)	
Aluminio	16.3
Boro	4.97
Bario	1.42
Calcio	6.84
Cadmio	0.59
Cobalto	<0.002
Cromo	1.17
Cobre	10.8
Hierro	77.5
Potasio	34.846
Magnesio	1.643
Manganeso	9.14
Molibdeno	<0.005
Sodio	189
Fósforo	7.461
Selenio	0.5
Estroncio	5.8
Titanio	0.43
Vanadio	0.16
Zinc	80.2

Fuente: Martínez Carrera et al 2004

Los hongos absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados, por lo general contienen buena cantidad de fósforo y potasio, y calcio en menor cantidad. En el caso de *Pleurotus*, se han encontrado, además de los ya mencionados, buenas cantidades de zinc, cobre y magnesio y fósforo. Una proporción media de hierro, manganeso y potasio. El calcio y sodio se ha encontrado en pequeñas cantidades (V. Dunkwal *et al.*, 2007).

#### 4.2.2. Propiedades medicinales de las “setas”

Las “setas” son los hongos que se han utilizado como alimento desde tiempos inmemoriales. Las “setas” también se han utilizado en medicina durante siglos en el Oriente, pero su potencial en la salud del sistema inmunológico es reciente. En las dos últimas décadas se ha producido un aumento en el uso de nutraceuticos como las setas comestibles y muchas especies que han sido investigadas a fondo para uso medicinal. Las “setas” poseen principios activos como los polisacáridos, fibra dietética, oligosacáridos, triterpenoides, péptidos y proteínas, alcoholes y fenoles, y de elementos minerales como el zinc, cobre, yodo, el selenio y el hierro, vitaminas, aminoácidos, etc., que se han encontrado para reforzar el sistema inmunológico, tienen propiedades anticancerígenas, hipercolesterolémicos y hepatoprotectoras (Lakhanpal y Rana 2007).

**Efectos antitumorales:** Recientes investigaciones han demostrado que algunas variedades de hongos comestibles, entre los que destacan las que se conocen con el nombre de “setas” (*Pleurotus ostreatus*), contienen cantidades importantes de polisacáridos con efectos antitumorales (Zhang, *et al* 2007).

**Efectos antivirales:** Los mismos mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA, y otras enfermedades de origen autoinmune como la Artritis reumatoide o el Lupus. Se ha encontrado que el micelio del *Pleurotus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos

antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (Noda, Shokkin, 1998). El alto contenido del ácido glutámico en muchos hongos comestibles, que es un aminoácido que se sabe tiene un efecto estimulante del sistema inmunológico, se encuentra en concentraciones particularmente altas en las setas y en una forma natural del glutamato monosódico (MSG por sus siglas en inglés) es una sal que se utiliza para dar realce a diferentes tipos de alimentos y platillos.

**Efecto antiinflamatorio:** Tienen también propiedades antiinflamatorias, se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa, y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fungicida y antibiótica, estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus japonicus* (Yoon et al. 1995), *Pleurotus ostreatus* (Noda Sokkin) y *P. Cornucopiae* (Yoshida et al.1994). Se ha reportado que estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas. Otras importantes sustancias con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de las especies de *Pleurotus* o Setas, estos son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular, y son las moléculas que originan el aroma y sabor característico que distingue a este tipo de hongos, estas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (Beltrán García et al..1997).

**Control del colesterol:** Se ha demostrado a nivel experimental con ratas de laboratorio que el consumo frecuente de setas disminuye el nivel de ácidos grasos en sangre y el colesterol en el hígado; por otro lado, en estos experimentos se detectó un aumento en la relación fosfolípidos-colesterol, lo cual sugiere un efecto antiaterogénico favorable, es decir, que puede ayudar a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares, lo cual también podría ocurrir en seres humanos (Bobek et



al,1990. Opletal *et al*, 1997). Por otro lado, en los cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus*, se ha encontrado en forma natural una sustancia que baja el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés) de la sangre de nombre Lovastatin o Lovastatina cuyo uso ha sido aprobado en los Estados Unidos por la FDA y que se utiliza como principio activo de diferentes medicamentos recetados comúnmente por los médicos para el tratamiento de la hipercolesterolemia, el más conocido de estos es el Mevacor. (Gunde y Cymerman, 1995). Por otro lado, las setas contienen también Mevinolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMG CoA reductasa principal enzima responsable en la biosíntesis del colesterol.

**Efecto antihipertensión:** Además de que la disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si solo tiende a hacer que la presión arterial disminuya, se sabe también que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertensión arterial, casi todos los hongos comestibles son ricos en este mineral y las setas no son ninguna excepción. También se ha demostrado que la ingesta de setas, permite una mejor absorción de minerales a nivel intestinal, esto debido a la presencia de metaloproteínas (Hobbs C, 1996)

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Teoría de la empresa**

Call (1985), menciona que la teoría de la empresa es parte fundamental de la teoría microeconómica, se dedica al estudio de la conducta del productor y a las decisiones de la oferta. La Teoría de la empresa sustenta modelos que sirven de base para las decisiones de las empresas en cuanto al nivel de producción, la mezcla de insumos productivos que emplean, los precios que establecerá para su producto. Además, indica que para desarrollar un análisis de la oferta de una empresa, se requiere tener conocimientos acerca de los costos de producción de la misma. Pero a su vez, los costos están determinados en parte por las relaciones técnicas entre los recursos empleados y el producto obtenido. Así mismo, Pindyck (1998), considera que la teoría de la producción y el costo es crucial para la administración económica de la empresa.

Las empresas son los agentes económicos que transforman los factores de producción en bienes y servicios. Pero es necesario estudiar cómo se realiza ese proceso de transformación, pero no en sus características técnicas, sino en sus aspectos económicos.

#### **5.1.1. Función de Producción**

Para Maddala (1995), la función de producción es la exposición de la relación funcional entre los insumos y las producciones. Muestra la producción máxima que se puede obtener de determinados insumos. Es una relación tecnológica y resume las tecnologías más avanzadas para obtener producción. Mientras que para Pindyck (1998), la función de producción indica la cantidad de producto que una empresa produce de cada combinación específica de insumos.

Esta función describe lo que es técnicamente factible cuando la empresa opera eficientemente; es decir, cuando la empresa utiliza cada combinación de insumos en forma tan efectiva como es posible.

Una función de producción clásica presenta tres etapas y está relacionada con el producto marginal ( $Pmg$ ), producto medio ( $Pme$ ), y Producto total ( $Pt$ ).

El producto marginal de un factor es la producción adicional que se obtiene con una unidad más de ese factor, manteniéndose constantes los demás (Nicholson, 1997)

El producto medio es igual a la producción total dividida por el total de unidades del factor.

### **5.1.2. Etapas de la producción**

De acuerdo a Maddala (1995), las etapas de la producción son las siguientes:

Etapa I:  $Pmg > 0$ ,  $Pme$  subiendo. Por lo tanto,  $Pmg > Pme$ . Significa que al añadir una unidad de trabajo más, el productor puede aumentar la productividad promedio de todas las unidades. Por lo tanto, sería poco sensato por parte del productor detener la producción en esta etapa. Esta etapa inicia en el origen y termina en el punto B. (ver figura 21)

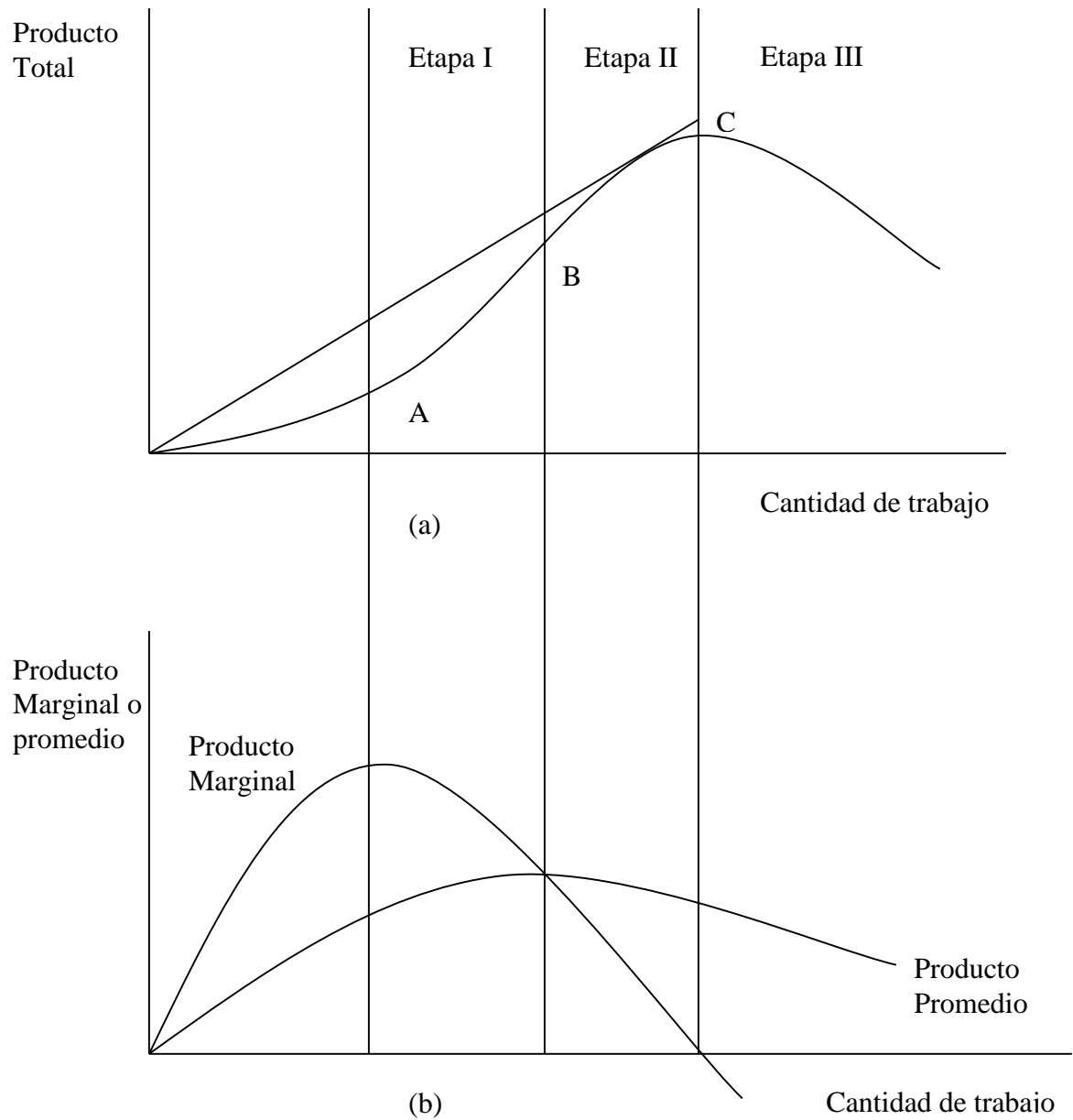


Figura 21. Relación entre las curvas  $P_t$ ,  $P_{mg}$  y  $P_{me}$  y las tres etapas de la producción

Etapa II:  $P_{mg} > 0$ . Es la escala económicamente significativa. En el punto de inflexión **A** se maximiza el  $P_{mg}$ , en el punto **B**, puesto que  $P_{me}$  se maximiza, se tiene  $P_{me} = P_{mg}$ . En el punto

C el producto total llega a un máximo, en consecuencia  $Pmg = 0$ ; esta etapa está limitada por el punto *B* y *C*. (ver figura 21)

Etapa III:  $Pmg < 0$ . En este caso el Producto total está bajando. No conviene al productor encontrarse en esa región, porque al reducir el insumo de trabajo puede aumentar la producción total y ahorrarse el costo de una unidad de trabajo. Esta etapa comprende del punto *C* en adelante (ver figura 21).

### **5.1.3. Ley de los rendimientos decrecientes**

Utilizando las funciones de producción, se puede entender la ley de los rendimientos decrecientes.

Samuelson (2002), menciona que la ley de los rendimientos decrecientes establece que cuando se añaden cantidades adicionales de un factor y se mantienen fijas las de los demás, se obtiene una cantidad adicional de producción cada vez más pequeña. Es decir, el producto marginal de cada unidad del factor disminuye a medida que aumenta la cantidad de ese factor, manteniendo todo lo demás constante. Ese punto gráficamente es el punto de inflexión de la curva del producto total.

#### **5.1.4. Rendimientos a escala**

De acuerdo a Samuelson (2002), los rendimientos a escala se refieren a cómo responde la producción a un cambio de igual proporción en todos los insumos, distinguiendo tres situaciones importantes:

*Rendimientos constantes a escala*, existe cuando una variación de todos los factores genera una variación proporcional de la producción.

*Rendimientos crecientes a escala (también llamados economías de escala)* cuando un aumento de todos los factores provoca un aumento más que proporcional del nivel de producción.

*Rendimientos decrecientes a escala* cuando un aumento equilibrado de todos los factores provoca un incremento menos que proporcional de la producción total.

#### **5.1.5. Isocuantas**

Pindyck (1998), menciona que una isocuanta es una curva que muestra todas las combinaciones posibles de insumos que generan el mismo nivel de producción. Esta información permite al productor responder con eficacia a los cambios de los mercados de factores.

Mapa de isocuantas, es un conjunto de isocuantas, en donde cada uno de ellos muestra la producción máxima que se puede lograr para cualquier conjunto de insumos. Es una forma alternativa de describir la función de producción de la empresa

### **5.1.6. El corto plazo en comparación con el largo plazo**

Pindyck (1998), considera que es importante hacer una distinción entre el corto y el largo plazo cuando se habla de producción. El corto plazo se refiere a un periodo en el que no es posible cambiar uno o más de los factores de la producción. A estos factores se les denomina insumos fijos. El largo plazo es el tiempo que se requiere para hacer que todos los insumos sean variables

### **5.2. Costos de producción**

Analizar las decisiones fundamentales que tiene que hacer una empresa bajo condiciones de competencia perfecta, para lograr el objetivo de producir con la máxima eficacia económica posible, para lograr el nivel de producción de máxima eficacia económica y máxima ganancia, se debe tomar en consideración que la ganancia total de una empresa depende de la relación entre los costos de producción y el ingreso total alcanzado. El precio de venta del producto determinará los ingresos de la empresa. Por lo tanto, los costos e ingresos resultan ser dos elementos fundamentales para decidir el nivel de producción de máxima ganancia.

Por otra parte, la organización de una empresa para lograr producir tiene necesariamente que incurrir en una serie de costos, directa o indirectamente, relacionados con el proceso productivo, en cuanto a la movilización de los factores de producción tierra, capital y trabajo. La planta, el equipo de producción, la materia prima y los empleados de todos los tipos (asalariados y ejecutivos), componen los elementos fundamentales del costo de producción de una empresa.

De esta manera, el nivel de producción de máxima eficacia económica que es en última instancia el fin que persigue todo empresario, dependerá del uso de los factores de producción dentro de los límites de la capacidad productiva de la empresa.

### **5.2.1 Componentes del Costo.**

El costo de producción de una empresa puede subdividirse en los siguientes elementos: alquileres, salarios y jornales, la depreciación de los bienes de capital (maquinaria y equipo, etc.), el costo de la materia prima, los intereses sobre el capital de operaciones, seguros, contribuciones y otros gastos misceláneos. Los diferentes tipos de costos pueden agruparse en dos categorías: costos fijos y costos variables.

#### **5.2.1.1 Costos fijos.**

Los costos fijos son aquellos en que necesariamente tiene que incurrir la empresa al iniciar sus operaciones. Se definen como costos porque en el corto plazo e intermedio se mantienen constantes a los diferentes niveles de producción. Como ejemplo de estos costos fijos se identifican los salarios de ejecutivos, los alquileres, los intereses, las primas de seguro, la depreciación de la maquinaria y el equipo y las contribuciones sobre la propiedad.

El costo fijo total se mantendrá constante a los diferentes niveles de producción mientras la empresa se desenvuelva dentro de los límites de su capacidad productiva inicial. La empresa comienza las operaciones con una capacidad productiva que estará determinada por la planta, el equipo, la maquinaria inicial y el factor gerencial. Estos son los elementos esenciales de los costos fijos al inicio de las operaciones.



Hay que dejar claro, que los costos fijos pueden llegar a aumentar, obviamente si la empresa decide aumentar su capacidad productiva, cosa que normalmente se logra a largo plazo, por esta razón, el concepto costo fijo debe entenderse en términos de aquellos costos que se mantienen constantes dentro de un período de tiempo relativamente corto.

#### **5.2.1.2 Costos Variables.**

Los costos variables son aquellos que varían con el cambio del volumen de producción. El costo variable total se mueve en la misma dirección del nivel de producción. El costo de la materia prima y de la mano de obra son los elementos más importantes del costo variable.

La decisión de aumentar el nivel de producción significa el uso de más materia prima y más obreros, por lo que el costo variable total tiende a aumentar la producción. Los costos variables son, aquellos que varían al variar la producción.

Del costo total se derivan otros conceptos de gran importancia para el estudio de la teoría de la empresa. Estos conceptos son el costo promedio total (*CPT*) el costo variable promedio (*CVP*) el costo fijo promedio (*CFP*) y el costo marginal (*CMg*). Cada uno de estos conceptos presenta una relación económica muy importante para el análisis del problema de la determinación del nivel de producción de máxima ventaja económica para el empresario.

### **5.2.1.3 Costo Fijo Promedio.**

Indica que el costo fijo por unidad disminuye a medida que aumentamos la producción, al distribuir un valor fijo entre un número mayor de unidades producidas el costo fijo por unidad tiene que reducirse.

### **5.2.1.4 Costo variable promedio.**

Indica que en el punto más bajo de la curva el productor alcanza el nivel de producción de máxima eficacia productiva de los factores variables y cuando esta asciende señala la reducción de eficacia productiva que tiene lugar al aumentar la producción mediante el empleo de unidades adicionales de los factores variables, mientras se mantiene fija la capacidad productiva de la empresa.

### **5.2.1.5 Costo Marginal.**

El costo marginal ( $CMg$ ) permite al empresario observar los cambios ocurridos en el costo total de producción al emplear unidades adicionales de los factores variables de producción. El costo marginal es, por tanto, una medida del costo adicional incurrido como consecuencia de un aumento en el volumen de producción. El costo marginal se define como el costo adicional incurrido como consecuencia de producir una unidad adicional del producto. Si al aumentar el volumen de producción en una unidad el costo total aumenta, el aumento absoluto en el costo total se toma como resultado del aumento absoluto en la producción. De ahí que aritméticamente, el costo marginal es el resultado de dividir el cambio absoluto en costo total

entre el cambio absoluto en producción. También se puede definir como la primera derivada de la función de costos. Esta relación aritmética puede expresarse en los siguientes términos:

$$Cmg = \frac{\Delta CT}{\Delta PT} = \frac{dCT}{dPT}$$

#### **5.2.1.6 Costo Promedio Total**

Le indica al empresario el costo de producir una unidad del producto para cada nivel de producción, obteniendo la combinación más eficaz de los factores de producción, se obtiene matemáticamente dividiendo el costo total entre el número de unidades producidas a cada nivel de producción y se expresa de la siguiente forma:

$$CPT = \frac{CT}{PT}$$

### **5.3. Teoría de la regresión**

#### **5.3.1 Análisis de la regresión**

El análisis de regresión, trata del estudio de la dependencia de la variable dependiente, respecto a una o más variables (las variables explicativas), con el objetivo de estimar y/o predecir la media o valor promedio poblacional de la variable dependiente en términos de los valores conocidos o fijos de las variables explicativas (Gujarati, 2004).

#### **Análisis de regresión con dos variables**

En este análisis la variable dependiente se relaciona con una sola variable explicativa (la regresora).

### **5.3.2. Método de mínimos cuadrados ordinarios**

Se trata de encontrar la línea de mejor ajuste a la nube de puntos definida por todos los pares de valores muestrales  $(X_i, Y_i)$ .

Este método de estimación se fundamenta en una serie de supuestos, los que hacen posible que los estimadores poblacionales que se obtienen a partir de una muestra, adquieran propiedades que permitan señalar que los estimadores obtenidos sean los mejores (Gujarati,2004).

El método de los mínimos cuadrados ordinarios consiste en hacer mínima la suma de los cuadrados residuales, es decir se trata de obtener los estimadores que hagan que la suma de cuadrados de los errores sea mínima.

Los supuestos del método MCO de acuerdo a Gujarati, 2004 son los que se presentan a continuación:

#### **Supuesto 1**

El modelo de regresión es lineal en los parámetros:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + U_i$$

La linealidad de los parámetros se refiere a que los  $\beta$ 's son elevados solamente a la primera potencia.

## **Supuesto 2**

Los valores que toma el regresor  $X$  son considerados fijos en muestreo repetido. Esto quiere decir que la variable  $X$  se considera no estocástica. Este supuesto implica que el análisis de regresión es un análisis condicionado a los valores dados del (los) regresor (es)  $X$ .

## **Supuesto 3**

El valor medio de la perturbación  $u_i$  es cero. Dado el valor de  $X$ , el valor esperado del término aleatorio de perturbación  $u_i$  es cero. Técnicamente, el valor de la media condicional de  $u_i$  es cero.

Simbólicamente se tiene:

$$E(u_i | X_i) = 0$$

Cada población de  $Y$  corresponde a un  $X$  dado, está distribuida alrededor de los valores de su media con algunos valores de  $Y$  por encima y otros por debajo de ésta. Las distancias por encima y por debajo de los valores medios son los errores, y la ecuación antes señalada requiere que en promedio estos valores sean cero.

## **Supuesto 4**

Homoscedasticidad o igual varianza de  $u_i$ . Dado el valor de  $X$ , la varianza de  $u_i$  es la misma para todas las observaciones. Esto es, las varianzas condicionales de  $u_i$  son idénticas.

Simbólicamente, se tiene:

$$\begin{aligned}\text{var}(u_i / x_i) &= E[u_i - E(u_i) / x_i]^2 \\ &= E(u_i^2 / x_i) \text{ por supuesto 3} \\ &= \sigma^2\end{aligned}$$

Esta ecuación señala que la varianza de las perturbaciones para cada  $X_i$  es algún número positivo constante igual a  $\sigma^2$ .

Homoscedastidad significa igual dispersión, en otras palabras significa que las poblaciones  $Y$  correspondientes a diversos valores de  $X$  tienen la misma varianza. Por el contrario, se dice que existe heteroscedasticidad cuando la varianza poblacional, ya no es la misma en cada muestra. El supuesto de homoscedasticidad está indicando que todos los valores de  $Y$  correspondientes a diversos valores de  $X$  son igualmente importantes.

### **Supuesto 5**

No existe autocorrelación entre las perturbaciones. Dados dos valores cualquiera de  $X$ ,  $X_i$  y  $X_j$  ( $i \neq j$ ), la correlación entre dos  $u_i$  y  $u_j$  cualquiera ( $i \neq j$ ) es cero.

Este supuesto indica que las perturbaciones  $u_i$  y  $u_j$  no están correlacionadas. Esto significa que los errores no siguen patrones sistemáticos. La implicación del no cumplimiento de este supuesto (existencia de autocorrelación) implicaría que  $Y_t$  no depende tan sólo de  $X_t$  sino también de  $u_{t-1}$  puesto que  $u_{t-1}$  determina en cierta forma a  $u_t$ .

## Supuesto 6

La covarianza entre  $u_i$  y  $x_i$  es cero, formalmente,

$$\begin{aligned}\text{cov}(u_i, x_i) &= E[(u_i) - E(u_i)][(x_i) - E(x_i)] \\ &= E[u_i(x_i - E(x_i))], \text{ puesto que } E(u_i) = 0 \\ &= E(u_i x_i) - E(x_i)E(u_i), \text{ puesto que } E(x_i) \text{ no es estocástica} \\ &= E(u_i x_i), \text{ puesto que } E(u_i) = 0 \\ &= 0, \text{ por suposición}\end{aligned}$$

Este supuesto indica que la variable  $X$  y las perturbaciones no están correlacionadas. Si  $x$  y  $u$  estuvieran relacionadas, no podrían realizarse inferencias sobre el comportamiento de la variable endógena ante cambios en las variables explicativas.

## Supuesto 7

El número de observaciones debe ser mayor que el número de parámetros a estimar.

## Supuesto 8

Debe existir variabilidad en los valores de  $X$ . No todos los valores de una muestra dada deben ser iguales. Técnicamente la varianza de  $X$  debe ser un número finito positivo. Si todos los valores de  $X$  son idénticos entonces se hace imposible la estimación de los parámetros.

## Supuesto 9

El modelo de regresión debe ser correctamente especificado, esto indica que no existe ningún sesgo en el modelo a estimar. La especificación incorrecta o la omisión de variables importantes, harán muy cuestionable la validez de la interpretación de la regresión estimada.

## **Supuesto 10**

No hay relaciones perfectamente lineales entre las variables explicativas. No existe multicolinealidad perfecta.

Aunque todas las variables económicas muestran algún grado de relación entre sí, ello no produce excesivas dificultades, excepto cuando se llega a una situación de dependencia total, que es lo que se excluyó al afirmar que las variables explicativas son linealmente dependientes.



## 6. RESULTADOS

### 6.1. El modelo de la función de producción

#### 6.1.1 Resultados de la regresión.

Cuadro 10 Resultados estadísticos de la regresión

Variable	Coefficientes	Error	Valor t	Pr> t	
$B$	4.579702716	0.28654622	15.98	<.0001	$R^2=0.9997$
$B^2$	0.001043154	0.00027441	3.8	0.0025	
$B^3$	-0.000000213	0.00000006	-3.4	0.0053	

#### 6.1.2 Análisis estadístico

Los resultados estadísticos de la estimación del modelo se presentan en el Cuadro 10. El análisis estadístico se realizó en base a Gujarati (2004). La interpretación estadística de los resultados del modelo permite conocer el grado de confiabilidad del estudio. Los indicadores útiles son: el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la prueba de ( $t$ ), la prueba de ( $F$ ) y el error estándar.

##### a) Coeficiente de determinación ( $R^2$ )

De acuerdo a la regresión, se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.9997 (99.97%), lo que significa que se tiene un porcentaje mínimo de variación en la producción de “setas” cosechadas respecto al número de bolsas en producción. Es decir,  $R^2$  es una medida resumen que indica que también reajusta la línea de regresión a los datos de la muestra estudiada; los

valores fluctúan entre cero y uno, cero cuando la línea de regresión no se ajusta al comportamiento de los valores de la muestra y uno, cuando se ajusta perfectamente.

**b) Prueba global del modelo  $F$**

Esta prueba de  $F$  mide la significancia global de la línea de regresión estimada, para este caso se tiene una  $F$  calculada = 13715.4; Si utilizamos un nivel de significancia del 5%, el valor  $F$  crítico es  $F_{(0.05)}(3, 12) = 3.49$ . Obviamente el valor de  $F$  calculado es significativo y por tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0: B_1=B_2=B_3\dots=0$ ) que indica que los valores de los estimadores son iguales a cero. Por lo tanto los coeficientes de la línea de regresión son estadísticamente diferentes de cero (Maddala, 1996).

**c) Pruebas individuales  $t$**

La prueba  $t$  indica la significancia estadística de cada uno de los coeficientes del modelo, significancia a la cual se rechaza la hipótesis de que cada uno de los coeficientes de regresión estimados son iguales a cero, en este caso los parámetros  $B$  y  $B^2$  y  $B^3$  pasan la prueba  $t$  a un nivel de significancia del 5%.

### 6.1.3 Análisis económico

En el análisis económico se juzgan los resultados obtenidos de la estimación de acuerdo a su conveniencia en el marco de la teoría económica, comparando el signo de los parámetros con ciertos principios de la misma. En la siguiente ecuación estimada se presentan los coeficientes estimados del modelo.

Función de producción estimada

$$P = 4.579702716B + 0.001043154B^2 - 0.000000213B^3$$

$$\text{Razón de } t \quad 15.98 \quad 3.8 \quad -3.4$$

Donde :

$P$  = Producción de setas (kg)

$B$  = Bolsas en producción

$B^2$  = Bolsas en producción al cuadrado

$B^3$  = Bolsas en producción al cubo

Si se analiza la ecuación es posible apreciar que los coeficientes presentan el signo esperado para una forma cúbica, lo cual indica que los parámetros  $B$  y  $B^2$  (número de bolsas) deben ser positivos y el  $B^3$  negativo, puesto que al ir incrementando el número de bolsas en el área de floración, la producción aumenta hasta llegar a un máximo y después decrece.

La función es adecuada para explicar el comportamiento de la producción de “setas” al variar el nivel de bolsas en el área de floración o fructificación, tal y como se muestra en el Cuadro 11.

### 6.1.3.1 Producto total, medio y marginal para el cultivo de “setas”

Con el valor de los coeficientes estimados se calculó el producto total, el producto marginal, el producto medio y la elasticidad insumo-producto, que permiten ilustrar las tres etapas de la producción (Cuadro 11 y figura 22).

Cuadro 11. Comportamiento de la producción a diferentes niveles de bolsa (insumo).

No. de Bolsas	Producto Total Kg	Producto Marginal Kg	Producto Medio Kg	Elasticidad $E_p=PMg/PMe$
250	1206.79	5.06	4.83	1.05
500	2524.01	5.46	5.05	1.08
750	3931.69	5.78	5.24	1.10
1000	5409.86	6.03	5.41	1.11
1250	6938.54	6.19	5.55	1.11
1500	8497.78	6.27	5.67	1.11
1600	9125.55	6.28	5.70	1.10
1633	9329.73	6.28	5.71	1.10
2250	13159.10	6.04	5.85	1.03
2300	13460.03	6.00	5.85	1.02
2449	14341.79	5.86	5.86	1.00
3000	17376.49	5.09	5.79	0.88
3250	18590.46	4.61	5.72	0.81
3500	19675.22	4.05	5.62	0.72
3750	20610.82	3.42	5.50	0.62
4000	21377.27	2.70	5.34	0.51
4250	21954.63	1.90	5.17	0.37
4251	21956.53	1.90	5.17	0.37
4500	22322.91	1.03	4.96	0.21
4750	22462.14	0.07	4.73	0.02
4768	22462.79	0.00	4.71	0.00
5000	22352.36	-0.96	4.47	-0.22
5250	21973.61	-2.08	4.19	-0.50

Para calcular el producto medio se dividió el producto total entre la cantidad del insumo que en este caso es la bolsa en producción. Por lo que, el producto medio es la relación producto-

insumo para cada nivel de producción y el volumen correspondiente del insumo (Ferguson, 1992).

El producto marginal se obtuvo a partir de la primera derivada de la ecuación de la función de producción, e indica el cambio en el producto total, imputable a la adición de una unidad de insumo variable en el proceso productivo, cuando el insumo fijo permanece constante (ver figura 22)

### 6.1.3.2 Producto total máximo

A partir de la ecuación de la función de producción, se calculó el nivel de bolsas que maximiza la producción de “setas”, el producto total máximo, el producto medio máximo y el producto marginal máximo como se muestra a continuación.

El producto total es máximo donde el  $pmg=0$ , es decir donde la derivada de la función de producción (producto marginal) se iguala a cero y se resuelve.

$$Q = 4.579702716B + 0.001043154B^2 - 0.000000213B^3$$

$$PMg = \frac{d(P_{T_B})}{d(B)} = 4.5797027716 + 0.002086308B - 0.000000639B^2$$

Resolviendo con la fórmula general para una ecuación de segundo grado se obtiene:

$$B = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$B = \frac{-0.002086308 \pm \sqrt{(0.002086308)^2 - 4(0.000000693)(4.5797027716)}}{2(-0.000000693)}$$

$$B = \frac{-0.002086308 - 0.004007294}{-0.000001278}$$

$$B_1 = 4768$$

$$B_2 = -1503$$

$$Q = 4.579702716(4768) + 0.001043154(4768)^2 - 0.000000213(4768)^3$$

$$Q = 22462.79$$

El volumen máximo de producción se obtiene con 4768 bolsas en producción y generan 22,462.79 kilogramos “setas”.

### 61.3.3. El producto medio máximo

El producto medio resulta de la división de la función de producción entre  $B$  ( producto total), esto es:

$$PMeB = \frac{Q}{B} = \frac{4.579702716B + 0.001043154B^2 - 0.000000213B^3}{B}$$

$$PMeB = 4.579702716 + 0.001043154B - 0.000000213B^2$$

Si se deriva la función del producto medio y se iguala a cero y se resuelve, se tendrá el número de bolsas donde el producto medio es máximo.

$$\frac{dPMeB}{dB} = -0.001043154 - 0.000000426B = 0$$

$$B = \frac{-0.001043154}{-0.000000426}$$

$$B = 2448.71$$

El producto medio se hace máximo con 2,448.71 bolsas. Sustituyendo éste número de bolsas en la ecuación de  $PMeB$  se obtiene que el  $PMeB$  máximo es de 5.86 kgrs.

$$PMeB = 4.579702716 + 0.001043154B - 0.000000213B^2$$

$$PMeB = 4.579702716 + 0.001043154(2449) - 0.000000213(2449)^2$$

$$PMeB = 5.86$$

Cuando el  $PmeB = 5.86$ , el producto total es de 14,348.9 kgrs.

$$Q = 4.579702716(2448.71) + 0.001043154(2448.71)^2 - 0.000000213(2448.71)^3$$

$$Q = 14,348.9$$

#### 6.1.3.4. Producto marginal máximo

$$PMgB = \frac{d(Q_B)}{d(B)} = 4.5797027716 + 0.002086308B - 0.000000639B^2$$

$$\frac{d(PMgB)}{dB} = 0.002086308 - 0.000001278B$$

$$B = 1632.5$$

El nivel de bolsas en producción que hace que el producto marginal sea máximo es 1, 632.5.

El  $PMgB$  es de 5.70 kgrs.

$$PMgB = 4.5797027716 + 0.002086308(1632.5) - 0.000000639(1632.5)^2$$

$$PMgB = 5.70$$

La producción para 1632.5 bolsas es de es de 9,329.59 kilogramos de “setas”

$$Q = 4.579702716(1632.5) + 0.001043154(1632.5)^2 - 0.000000213(1632.5)^3$$

$$Q = 9329.59$$

### **6.1.3.5. Elasticidad de la producción**

La elasticidad se calculó utilizando diferentes niveles de producción. El valor de la elasticidad de la producción indica que a un nivel menor de 2449 bolsas la elasticidad es mayor a 1 hasta el valor donde el producto medio es máximo. Lo anterior significa que ante un aumento del 10% en la cantidad de bolsas en producción, la cantidad de setas aumenta más que proporcionalmente. Este valor muestra que es necesario aumentar la cantidad de bolsas en producción. En ese punto, el producto medio es igual al producto marginal y la elasticidad es igual a 1. A partir de él, el producto marginal es menor que el producto medio y la elasticidad de producción es menor que 1. Entre el punto de máximo producto medio y el de máximo producto total, lo que indica que ante un cambio del 10% en el nivel de bolsas, la producción disminuye menos que proporcionalmente. A medida que el producto total disminuye, lo que significa que el producto marginal es negativo, la elasticidad también es negativa



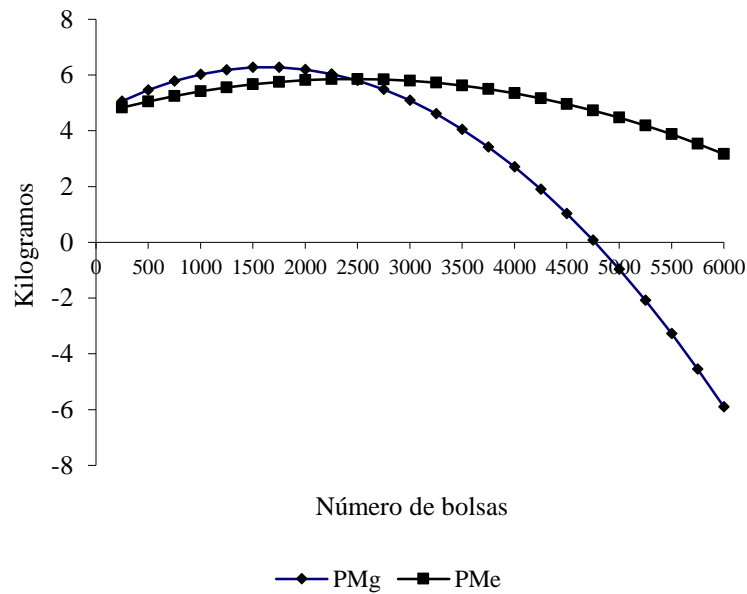
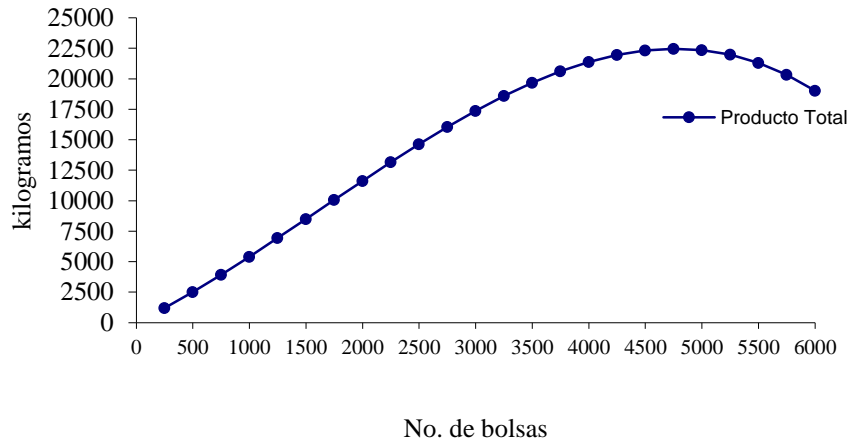


Figura 22 Curva de Producto total, Marginal y Medio

En la siguiente figura, se observa que la Etapa I de la producción abarca la parte creciente de la función de producción, hasta donde el producto medio iguala al producto marginal (2449 bolsas en producción). La Etapa II de la producción inicia donde el producto marginal es igual al producto medio y termina donde el producto total es máximo y su correspondiente producto marginal es cero, y se obtiene con 4768 bolsas en producción y 22,462.79 kilogramos de setas;

esta etapa es económicamente relevante porque aquí se optimiza la producción. En la Etapa III del producto marginal es cero, y no es relevante desde el punto de vista económico

## **6.2. Costos de producción del cultivo de “setas”**

Los costos de producción a corto plazo se dividen en dos categorías: Costos fijos y costos variables

### **6.2.1. Costos variables**

Los costos variables en los que incurre la microempresa productora de setas se desglosan a continuación:

**Paja de cebada.** La materia prima principal para la producción de seta es la paja de cebada, la cual es adquirida en pacas de 20 kilogramos. El precio de la paca puesta en la empresa es de \$ 16.00 pesos. Sin embargo, para sembrar una bolsa de 60 X 90 cm., se necesita de 9 kilogramos, y se incurre en un costo por este insumo de \$ 7.2

**Micelio (semilla).** El micelio se compra en presentación de 1kg a un precio de \$15.00 y para sembrar una bolsa de las dimensiones antes mencionadas se requiere de  $\frac{1}{2}$  Kg., obteniéndose un costo variable por este insumo de \$7.50.

**Bolsa de plástico.** Un kilogramo de bolsa de plástico contiene alrededor de 20 bolsas y tiene un precio de \$ 23.00 pesos, en este caso se tiene un costo de \$ 1.10.

**Gas.** De acuerdo con la información obtenida de la empresa, se necesita de 1.20 litros de gas para pasteurizar el sustrato de una bolsa, el precio de este insumo varía mes con mes, sin embargo, para efectos de este trabajo se utilizó el precio por litro de \$ 5.05 pesos, por lo tanto se tiene un costo variable por bolsa sembrada de \$ 6.06.

**Agua.** Para preparar y pasteurizar el sustrato con el cual es llenada la bolsa de polietileno se necesita aproximadamente de 41 litros de agua la cual tiene un precio de \$ 0.035 centavos por litros, en este caso se tiene un costo variable de \$1.43.

**Mano de obra.** El costo por concepto de mano de obra para sembrar una bolsa es de \$ 7.00 pesos.

Cuadro 12. Costos variables para la producción de “setas”

Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario (\$)	Total (\$)
Paja de cebada	9.00	Kg	0.80	7.20
Micelio	0.50	Kg	15.0	7.50
Bolsa	0.05	Kg	22.0	1.10
Gas	1.20	Kg	5.05	6.06
Cal	0.30	Kg	1.20	0.36
Agua	41.00	Litros	0.035	1.43
Mano de obra	1.00	Bolsa	7.00	7.00
<b>Total</b>				<b>30.65</b>

El costo variable total por unidad sembrada (bolsa), es de \$ 30.65 pesos.

### 6.2.2. Costos fijos

Los costos fijos para la producción de “setas” por concepto de salarios, depreciación, mantenimiento del equipo, ascienden a \$ 44,401 pesos.

Cuadro 13. Costos fijos mensuales

Concepto	Cantidad \$
Pago de teléfono	1,400
Luz	2,000
Sueldo y salarios	20,200
Gasolina	2,400
Refacciones	1,000
Mantenimiento	1,500
Depreciación	15,901
Total	44,401

Cuadro 14. Costos de producción a corto plazo

<i>Insumo</i>	<i>Producción</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>costo total</i>	<i>Costo</i>	<i>Costo</i>	<i>Csto total</i>
<i>No. de bolsas</i>	<i>(Kg)</i>	<i>fijo</i>	<i>variable</i>	<i>(CT=CF+CV)</i>	<i>marginal</i>	<i>variable</i>	<i>Promedio</i>
	<i>(q)</i>	<i>(CF)</i>	<i>(CV)</i>		<i>(CM=ΔCT/Δq)</i>	<i>promedio</i>	<i>(CTP=CT/q)</i>
						<i>(CVP=CV/q)</i>	
250.0	1,206.8	44,401	7,662.5	52,063.5		6.3	43.1
500.0	2,524.0	44,401	15,325.0	59,726.0	5.8	6.1	23.7
750.0	3,931.7	44,401	22,987.5	67,388.5	5.4	5.8	17.1
1,000.0	5,409.9	44,401	30,650.0	75,051.0	5.2	5.7	13.9
1,250.0	6,938.5	44,401	38,312.5	82,713.5	5.0	5.5	11.9
1,500.0	8,497.8	44,401	45,975.0	90,376.0	4.9	5.4	10.6
1,600.0	9,125.6	44,401	49,040.0	93,441.0	4.9	5.4	10.2
1,632.5	9,329.7	44,401	50,036.1	94,437.1	4.9	5.4	10.1
2,250.0	13,159.1	44,401	68,962.5	113,363.5	4.9	5.2	8.6
2,300.0	13,460.0	44,401	70,495.0	114,896.0	5.1	5.2	8.5
2,448.7	14,341.8	44,401	75,052.7	119,453.7	5.2	5.2	8.3
3,000.0	17,376.5	44,401	91,950.0	136,351.0	5.6	5.3	7.8
3,250.0	18,590.5	44,401	99,612.5	144,013.5	6.3	5.4	7.7
3,500.0	19,675.2	44,401	107,275.0	151,676.0	7.1	5.5	7.7
3,750.0	20,610.8	44,401	114,937.5	159,338.5	8.2	5.6	7.7
4,000.0	21,377.3	44,401	122,600.0	167,001.0	10.0	5.7	7.8
4,250.0	21,954.6	44,401	130,262.5	174,663.5	13.3	5.9	8.0
4,251.0	21,956.5	44,401	130,293.2	174,694.2	16.1	5.9	8.0
4,500.0	22,322.9	44,401	137,925.0	182,326.0	20.8	6.2	8.2
4,600.0	22,462.1	44,401	140,990.0	185,391.0	22.0	6.3	8.3

La figura 23, representa los datos de costos mostrados en el cuadro 14. Dicha figura representa el costo total, variable y fijo correspondiente a los diferentes niveles de producción de hongo

seta, además muestra cómo varía el costo total con el costo variable, mientras que el fijo no varía.

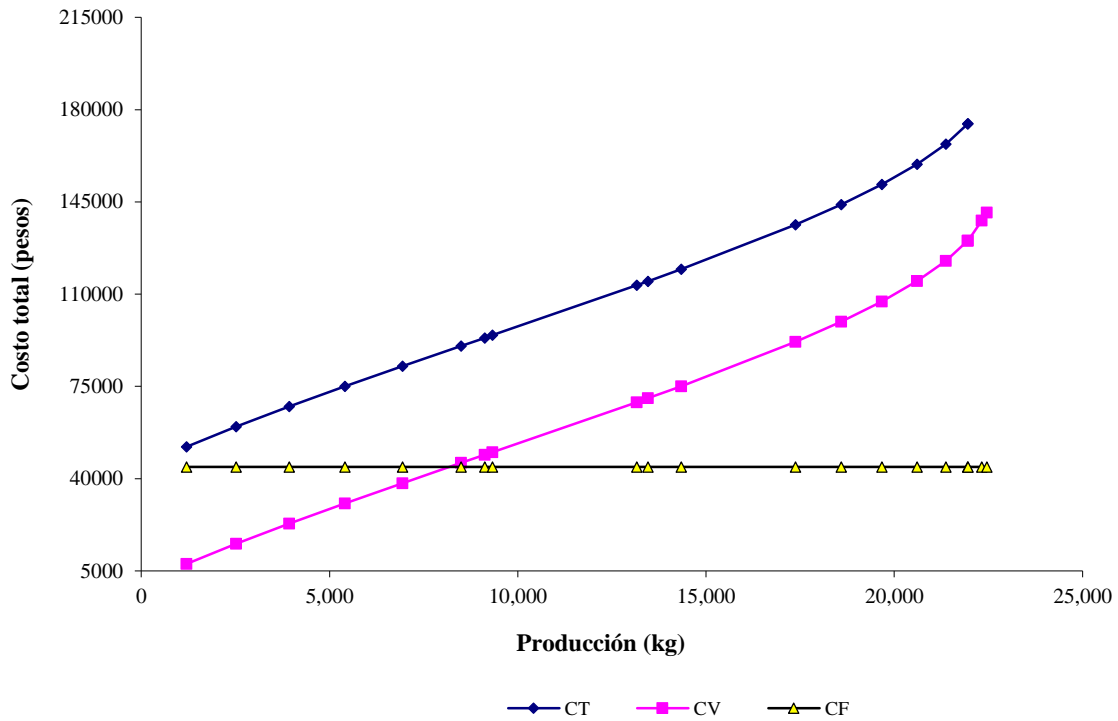


Figura 23. Curva de costos total, costos variables y costos fijos

### 6.3. Nivel de producción que maximiza la ganancia

Considerando que el nivel de insumo que maximiza la ganancia se obtiene igualando el valor del producto marginal por el precio del producto (\$22.00) con el costo marginal, que en este caso es igual al precio del insumo (30.65), se obtuvo que el nivel de insumo que maximiza la ganancia asciende a 4398.65 bolsas.

$$\text{Si el } Pmg = -0.000000639B^2 + 0.002086308B + 4.579702116 = 0$$

Producción óptima

$$= -0.000014058B^2 + 0.045898776B + 100.7534589 = 30.65$$

$$= -0.000014058B^2 + 0.045898776B + 70.1034589$$

Resolviendo por formula cuadrática

$$= -0.045898776 \pm \frac{\sqrt{0.002106697638 + 0.003942058}}{2(-0.000014058)}$$

$$= \frac{-0.045898776 \pm 0.077773745}{-0.000028116}$$

$$B_1 = 4398.65$$

$$B_2 = -1133.69$$

Atendiendo el criterio suficiente para la optimización de la función de producción, es decir, utilizando a la segunda derivada en el nivel de producto que optimiza la función, se obtiene que esta es negativa, lo cual indica que en ese nivel la función tiene un máximo relativo.

Al sustituir el número óptimo de bolsas en producción en la función estimada de producción, se obtiene el monto de kilogramos generados, estos son 22,200, los cuales multiplicados por el precio de venta (\$ 22.00), generan un ingreso total de \$488, 400.

La producción óptima de 4398.65 bolsas a un costo unitario de 30.65 pesos, generan un costo total de 134, 818.70, que restado del ingreso total genera una ganancia de 353,581.00

## **7. CONCLUSIONES**

Una vez obtenida la función de producción para el cultivo de “setas” y hecho el análisis de la misma, se concluye lo siguiente:

La primera etapa (I) en la función de producción se genera desde 0 bolsas y producto generado hasta donde el producto marginal es máximo, lo cual se consigue con la siembra de 2449 bolsas.

La etapa II, que es la económicamente relevante, se inicia donde termina la etapa I (2449 bolsas), y donde el producto total es máximo (4768 bolsas sembradas).

De acuerdo a la teoría económica, y bajo las condiciones en las que se desarrolló la investigación, se concluye que para que las empresas productoras de setas maximicen sus niveles de ganancia, deberán mantener en producción 4,398 bolsas que generarán una producción de 22,200 kilogramos una ganancia de \$ 353,581. Por lo que la actividad de producir “setas” para la empresa niebla es rentable.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

Aguilar, A. D. Martinez-Carrera, A. Macías, M. Sánchez, L.I. de Bauer and A. Martínez. 2002.

Fundamental trends of rural mushroom cultivation in Mexico, and their significance for rural development. Pp. 421-431. In: Mushroom biology and mushroom products. Eds. J.E. Sánchez, G. Huerta and E. Montiel. UAEM, Cuernavaca, México.

Amador R. F. y Fitch C.L.G. 1985. Funciones de producción y costo en la engorda de pollos, para los municipios de Texcoco y Tepetlaoxtoc, Méx. Universidad Autónoma Chapingo.



Bano Z y Rajarathnam S. 1982. Pleurotus mushroom as a nutritious food. In Tropical Mushrooms Biological Nature and Cultivation Methods. The Chinese University Press. Hong Kong:

Brambilla J. 2006. En el Umbral de una Agricultura Nueva. Colegio de Postgraduados.

Call, S.t. y Loan, M.I. 1985. Microeconomía. Grupo editorial Iberoamerica. México

Calonge de Diego F. 1990. Setas (hongos) Guía ilustrada, editorial Mundi Prensa, segunda edición.

Calvo, B. L. A., Valor nutritivo y toxicología de los hongos. En producción de hongos comestibles. Sánchez Vázquez, J.E. compilador. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Tapachula Chiapas.

Chang, S.T y P.G. Miles. 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Crit. In Food Sci. New York.

Dunkwal V., Jood,S. Singh S., 2007. [Physico-chemical properties and sensory evaluation of Pleurotus sajor caju powder as influenced by pre-treatments and drying methods](#). British Food Journal. Bradford: Tomo 109, No. 9; pág. 749.

Food and Agriculture Organization (FAO) (2006).

[www.http:// faostat.fao.org/site/537/default.aspx](http://www.fao.org/site/537/default.aspx) (Septiembre de 2006).

Franco. B.L. 1996. Composición química y valor nutricional de seta (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en desecho de aguacate y piña. Universidad de Guanajuato.

Ferguson J.P. 1992. Teoría Macroeconómica. Fondo de cultura económica.

Franco. B.L. 1996. Composición química y valor nutricional de seta (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en desecho de aguacate y piña. Universidad de Guanajuato.

García Rollan M .1993. Las setas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Cuarta edición. Madrid.

Gujarati D. N., 2004. Econometría 4edición. Ed., Mcgraw-Hill

[http://www.leben.com.mx/p\\_propiedades.htm](http://www.leben.com.mx/p_propiedades.htm)

Krugman P, R Wells (2006) Introducción a la economía, microeconomía. Primera Eedición. Ed. Reverté. 537 p.

Martínez- Carrera y A. Larqué-Saavedra, 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. Ciencia y Desarrollo. Vol. XVI. Num. 95.

Martínez- Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal y A. Larqué-Saavedra, 1991. Historia del cultivo comercial hongos comestibles en México. Ciencia y Desarrollo. Vol. XVI. Num. 96.

Martínez- Carrera D, Morales P Sobal M., Bonilla M. y Martinez W. 2006. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. In: El cultivo de *Pleurotus* en México. ECOSUR-IE-UNAM-COLPOS, México, D.F.

Martínez-Carrera D, M Sobal, P Morales, W Martínez. 2004. Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana. Colegio de Post-graduados, Campus Puebla.

Mayett, M. Y. 2004. Estrategia para incrementar el consumo de hongos comestibles en México. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla.

Maddala G.S. Y Miller E. 1995. Microeconomía. Editorial McGraw-Hill. México.

Mora V. y Martínez- Carrera. 2006. Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo se setas *Pleurotus spp* en México. In: El cultivo de *Pleurotus* en México. ECOSUR-IE-UNAM-COLPOS, México, D.F.

Moreno F. M. G. 2005. Diseño de una sembradora de setas (*Pleurotus spp*), para el sistema de producción tradicional. Universidad Autónoma Chapingo .

Nicholson W., Collage A. 1997. Teoría Microeconómica. Principios básicos y aplicaciones  
Mcgraw-Hill.

Noria R. J.E. Rentabilidad financiera y función de producción del brócoli (*Brassica oleracea*  
*var. Italica L.*) para los meses de invierno de 1991 en el municipio de Villagran  
Guanajuato. Universidad Autónoma Chapingo.

Pérez, Hernández, 1999. Análisis administrativo de dos empresas productoras de hongo seta  
(*Pleurotus ostreatus*). Universidad Autónoma Chapingo.

Pindyck R.S., Rubinfeld D.L. 1998 Microeconomía segunda ed. Noriega Editores

R. Cohen, L. Persky, Y. Hadar. 2002. Biotechnological applications and potential of wood-  
degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. In Applied Microbiology and  
Biotechnology volume 58, number 5 Springer Berlin.

Samuelson P (2002) Microeconomía 16<sup>a</sup> Edición. Mc Graw Hill, 563 p.

Staments, P. y J.S. Chilton. 1983. The Mushroom Cultivator. A practical Guide to Growing  
Mushroom at Home Washington. Ed. Agarikon Press Olimpia.

Tablada J.J. 1994. Hongos mexicanos comestibles. Micología económica. Fondo de Cultura  
económica, académica de la lengua mexicana.

T. N Lakhanpal, M Rana 2007. Medicinal and nutraceutical genetic resources of mushrooms.  
Plant Genetic Resources, Cambridge Journals

Vedder. P.J. 1996. Cultivo moderno del champiñón. Ed, Mundiprensa.

Villegas de G. A. 1996. Biotecnología intermedia en México. La producción de hongos comestibles. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.

Yilmaz N, Solmaz M., Türkekul I. y Emastaş M 2006 Fatty acid composition in some wild edible mushrooms growing in the middle Black Sea region of Turkey. Food Chemistry Elsevier. Volume 99.

Zhang M., S.W. Cui, P.C.K. Cheung and Wang Q. 2007 Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. Trends in Food Science & Technology

## APÉNDICE A. RESULTADO DEL ANALISIS ESTADISTICO

### The GLM Procedure

Dependent Variable: P

Sum of Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	1418231077	472743692	13715.4	<.0001
Error	12	413616	34468		
Uncorrected Total	15	1418644693			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P Mean
0.999708	2.467028	185.6555	7525.473

NOTE: No intercept term is used: R-square is not corrected for the mean.

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
B	1	1417577197	1417577197	41127.4	<.0001
B2	1	256150	256150	7.43	0.0184
B3	1	397731	397731	11.54	0.0053

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
B	1	8804422.756	8804422.756	255.44	<.0001
B2	1	498086.044	498086.044	14.45	0.0025
B3	1	397730.640	397730.640	11.54	0.0053

Parameter	Standard Estimate	Error	t Value	Pr >  t
B	4.579702716	0.28654622	15.98	<.0001
B2	0.001043154	0.00027441	3.80	0.0025
B3	-0.000000213	0.00000006	-3.40	0.0053

### The GLM Procedure

Observation	Observed	Predicted	Residual
1	4.60000	4.58075	0.01925
2	211.50000	208.17961	3.32039
3	436.40000	420.46761	15.93239
4	899.80000	856.90325	42.89675
5	1853.70000	1773.95430	79.74570
6	3815.40000	3758.70536	56.69464
7	5197.50000	5169.55546	27.94454
8	6788.80000	6815.10731	-26.30731
9	8102.50000	8498.22877	-395.72877
10	10360.50000	10193.78081	166.71919
11	12045.90000	11876.62438	169.27562
12	13729.50000	13521.62045	207.87955
13	14746.10000	15103.62999	-357.52999
14	16724.80000	16597.51394	127.28606
15	17965.10000	17978.13329	-13.03329

Sum of Residuals	105.1147
Sum of Squared Residuals	413615.6172
Sum of Squared Residuals - Error SS	-0.0000
First Order Autocorrelation	-0.2517

Durbin-Watson D

