UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

"Ensenar la explotacion de la Tierra, no la del Hombre"

DEPARTAMENTO DE SUELOS

Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

USO INTEGRAL DE RECURSOS AGROFORESTALES:

SUPLEMENTACIÓN DE HARINA DE VAINA DE MEZQUITE

(*Prosopis laevigata)* EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS

SETA (*Pleurotus ostreatus*)

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN

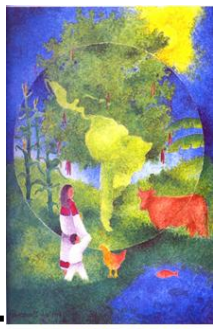
AGROFORESTERÍA PARA EL

DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ ARCHUNDIA

Abril de 2011.



Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

"Enseñar la explotación de la Tierra, no la del Hombre"

DEPARTAMENTO DE SUELOS

Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

USO INTEGRAL DE RECURSOS AGROFORESTALES:

SUPLEMENTACIÓN DE HARINA DE VAINA DE MEZQUITE

(*Prosopis laevigata)* EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS

SETA (*Pleurotus ostreatus*)

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN

AGROFORESTERÍA PARA EL

DESARROLLO SOSTENIBLE

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ ARCHUNDIA

Chapingo, estado de México, Abril de 2011.

Agroforestería para el Desarrollo Sostenible

USO INTEGRAL DE RECURSOS AGROFORESTALES: SUPLEMENTACIÓN DE HARINA DE VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata)* EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS SETA (*Pleurotus ostreatus*)

Tesis realizada por **Francisco Javier Hernández Archundia** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

DIRECTOR:_____
DR. LAKSMI REDDIAR KRISHNAMURTHY

CO-DIRECTOR:_____
M.C. SALVADOR MARTÍNEZ ROMERO

ASESOR:_____
DR. JULIO BACA DEL MORAL

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por colocarme en el lugar donde me encuentro y permitirme desarrollarme como persona y como profesional. Por todas las bendiciones de mi vida muchas gracias.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por su apoyo para llevar a cabo la maestría. A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**, por darme el arma más poderosa para enfrentar los problemas de nuestro mundo: el conocimiento. Siempre llevaré tu nombre muy en alto

Al comité asesor: Dr. Krishnamurthy por darme la bienvenida al programa mucho antes de ingresar a él y por sus consejos y recomendaciones para la elaboración de este documento. Al M.C. Salvador Martínez Romero por su constante asesoría y apoyo en la realización de esta investigación y por brindarme en todo momento un buen consejo como profesional y como amigo. Al Dr. Julio Baca del Moral por su interés y sus acertadas recomendaciones para la elaboración de este documento.

A las personas que me apoyaron en la realización de este trabajo en sus diferentes etapas y que sin su apoyo no se habría llevado a cabo de forma exitosa: Vero, Don René y Doña Coquis.

A: Dr. David Cristóbal Acevedo por su apoyo dentro del programa; Dr. Edmundo Pérez Godínez por su profesional y adecuada asesoría, y al Ing. Félix Esparza por su apoyo en el laboratorio de Análisis de Alimentos.

A mis compañeros de la maestría por su compañía, en especial a Vero y a Jeamy y a la Srta. Dolores Coronel por su apoyo.

DEDICATORIA

A mis padres Cayetano Hernández Zambrano y Lilia Patricia Archundia Moras, de quienes siempre he recibido los mejores ejemplos y consejos, y sobre todo por su guía y su infinito amor. Por darme lo mejor de sus vidas estaré siempre agradecido. A mis hermanos Juan Pablo y Daniel, por estar siempre que los he necesitado y por compartir los momentos alegres y aquellos difíciles en nuestras vidas. A mi familia chica, mi tía Concepción Archundia, mi tío Ignacio Hernández y mis primos (mis hermanitos), Keila, Aarón y Liliana, quienes me han apoyado y dado cariño desde que yo recuerdo.

A mis amigos Hugo, Arian y Anselmo que sin compartir mí sangre se han vuelto mis hermanos, quienes han disfrutado conmigo días felices, me han ayudado a superar aquellos tristes y me motivan a nunca dejar de soñar. A mi querida Karina por estar siempre conmigo aún a pesar de la distancia y comprenderme como pocas personas.

A mi gran amigo el Ing. Víctor por apoyarme siempre y darme un consejo acertado cuando lo necesité, jamás dejarme dar por vencido e impulsarme a seguir adelante; y a su familia por permitirme sentirme parte de ella. A Don René y su esposa Coquis por abrirme las puertas de su hogar, brindarme su amistad y su apoyo incondicional y desinteresado

A todos mis amigos y familiares que me han apoyado durante todos estos años y han puesto de su parte para que crezca como persona y como profesional. A la nueva parte de mi familia, la familia Pérez Martínez por recibirme con los brazos abiertos y permitirme encargarme de su joya más preciada.

A mi nuevo hogar, a la mujer que ha venido a revolucionar mi vida, la ha llenado de amor y esperanza, a ti mi amiga y mi esposa, **a ti mi Verito**. Esta es una nueva etapa y la compartiremos juntos:

“Hay que vivir sin cadenas, sin miedos, sin resentimientos; mirar hacia adelante, soñar y dar lo mejor de nuestra alma; sólo con ello seremos felices. Sigamos con Fe a nuestro guía, armémonos de valor para cumplir con el plan que tenemos reservado para la vida”.

DATOS BIOGRÁFICOS

Francisco Javier Hernández Archundia nace un día 20 de abril en el estado de México, siendo el tercer hijo del matrimonio formado por Cayetano Hernández y Patricia Archundia. Tuvo una infancia feliz al lado de sus hermanos Juan Pablo y Daniel, pero siempre se distinguió por ser un niño con una curiosidad que lo distaba de sus contemporáneos.

Inició sus estudios en la Escuela Primaria Cuauhtémoc en su pueblo originario, Xaltocan, donde se destacó como el primero de su clase. Continuó su formación en la Escuela Secundaria Felipe Villanueva, siempre entre los más avanzados; la preparatoria la realizó en el CBT No. 1 en Ojo de Agua en Tecámac, donde obtiene el título de Técnico en Administración de empresas y es distinguido como el primero de su generación.

En 2003 ingresa a la Universidad Autónoma Chapingo donde cursa el año de Propedéutico, tras el cual se adscribe a la División de Ciencias Forestales en la carrera de Ingeniería en Restauración Forestal. Durante su estancia en la universidad se integra al que se convertiría en el Grupo Apoyado en Tlacaelel, SC. de RL. de CV., donde adquiere experiencia en los proyectos del giro agrícola y principalmente pecuario.

Una vez concluidos sus estudios universitarios en el año 2008, se traslada al estado de Jalisco para inicial su carrera profesional. Después de ello regresa al estado de México para obtener su título universitario de forma exitosa con felicitación. En enero de 2009 ingresa al la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el desarrollo Sostenible concluyendo satisfactoriamente su periodo en diciembre de 2010.

Sus metas a en la vida son consolidar su familia a lado de su esposa Verónica y desarrollarse profesionalmente en el campo de la investigación a favor de la población dedicada a las actividades básicas de su país: México.

Uso integral de recursos agroforestales: suplementación de harina de vaina de mezquite (*Prosopis laevigata)* en la producción de hongos seta (*Pleurotus ostreatus*)

Integral use of agroforestry resources: supplementation of mesquite pod flour (*Prosopis laevigata*) in the production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)

Hernández-Archundia F.J.; L.R. Krishnamurthy; S. Martínez

RESUMEN

La Agroforestería es una herramienta integradora de los distintos sistemas de producción básicos. El objetivo de esta investigación fue aprovechar la harina de vaina de mezquite, para suplementar el sustrato (paja de cebada), en la producción de Hongo Seta (HS), balanceando la relación C/N, para aumentar su rendimiento y calidad. También fue elaborado el diagnóstico técnico y social de esta actividad en el Municipio de Nextlalpan México, y una propuesta financiera para el establecimiento de un laboratorio de micelio para una planta productora de HS.

Fue determinado el N y C del sustrato mediante los métodos Kjeldahl y de Calcinación respectivamente. Los tratamientos probados fueron C/N: T1=25, T2=30, T3=40, T4=50 y T5=74 (testigo). Fue registrado el ciclo de cultivo y tras la cosecha se determinó la producción, Eficiencia Biológica (EB=gr carpóforos frescos/gr sustrato seco x100), Tasa de Producción (TP=EB/días del ciclo productivo). En laboratorio se determinó la Humedad y Proteína (base seca) del producto. Fueron obtenidos los indicadores financieros: Valor Actual Neto (VAN); Relación Beneficio/Costo (B/C); Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y Punto de Equilibrio (PE).

La duración del ciclo de cultivo promedio fue de 69 días. El T4 obtuvo la mayor EB=98.44 y TP=1.41. El mayor contenido de Humedad (93.1) y Proteína (44.2), fue reportado en el T3. En campo se apreciaron deficiencias rectificables en el proceso productivo. La propuesta de inversión arrojo como indicadores: VAN=$422,446^{00}; B/C=1.33; TIR=32% y PE=60.56%. Se concluye que la producción de HS es rentable técnica y económicamente y es una opción para el desarrollo sostenible del municipio.

Palabras clave: suplementación, relación C/N, eficiencia biológica, tasa de producción, proteína, humedad, indicadores financieros

ABSTRACT

Agroforestry is a tool that integrates different basic production systems. The objective of this research was to take advantage of mesquite pod flour by using it to supplement the substrate (barley straw), in Oyster Mushroom (OM) production, balancing the C/N ratio, to increase its yield and quality. A technical and social diagnosis of this activity was also made in the Municipality of Nextlalpan Mexico, and a financial proposal was developed for the establishment of a mycelium laboratory for an OM production plant.

The N and C of the substrate were determined using the Kjeldahl and Calcination methods, respectively. The treatments tested were C/N: T1=25, T2=30, T3=40, T4=50 and T5=74 (control). The crop cycle was recorded and post harvest production was determined: Biological Efficiency (BE= g fresh sporocarps/g dry substrate x100), Production Rate (PR= BE/day of production cycle). In the laboratory, product Moisture and Protein (dry basis) were determined. The financial indicators were obtained: Net Present Value (NPV); Benefit/Cost Ratio (B/C); Internal Rate of Return (IRR); and Balance Point (BP).

The length of growing season average was 69 days. The T4 had the highest BE=98.44 and TP=1.41. The highest moisture (93.1) and protein (44.2) content was reported in T3. In field work correctable deficiencies in the production process were noted. The investment proposal yielded as indicators: NPV=$422446^{00}; B/C=1.33, IRR=32% and BP=60.56%. We conclude that OM production is technically and economically profitable and is an option for sustainable development of the municipality.

Key words: supplementation, C/N ratio, biological efficiency, production rate, protein, moisture, financial indicators

ÍNDICE

1. INTRODUCCCIÓN 1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS 3
2.1 General 3
2.2. Particulares 3
2.3. Hipótesis 5
3. REVISIÓN DE LITERATURA 6
3.1. La Agroforestería 6
3.1.1. Definiciones 6
3.1.2. Clasificación de los Sistemas Agroforestales 6
3.1.3. La agroforestería y la producción de hongos 7
3.1.4. La agroforestería aplicada en la producción 8
3.2. Descripción de las especies 11
3.2.1. Generalidades del Mezquite 11
3.2.1.1. Nombres comunes. 11
3.2.1.2. Clasificación taxonómica. 11
3.2.1.3. Distribución geográfica y ecología. 12
3.2.1.4. Descripción botánica de la especie. 13
3.3. Generalidades de los Hongos Comestibles 21
3.4. Descripción de los hongos seta y su producción. 24
3.4.1. Características Morfológicas 25
3.4.2. Cultivo del Hongo *Pleurotus* spp. 26
3.4.3. Propiedades nutricionales 27
3.4.4. Descripción del proceso de producción 30
3.4.4.1. Instalaciones. 30
3.4.4.2. Tipo de Sustrato. 32
3.4.4.3. Preparación del sustrato. 32
3.4.4.4. Suplementación del sustrato. 33
3.4.4.5. Siembra. 34
3.4.4.6. Incubación. 35
3.4.4.6.1. Factores en la incubación. 36
3.4.4.6.2. Período de inducción. 36
3.4.4.7. Fructificación. 37
3.4.4.8. Plagas y enfermedades 37
3.4.4.9. Cosecha. 38
3.4.6. Aspectos socioeconómicos de los hongos 39
3.4.6.1. Producción Mundial. 39
3.4.6.2. Los hongos comestibles en México. 40
3.5. Indicadores de rentabilidad en los proyectos de inversión 42
4. MATERIALES Y MÉTODOS 45
4.1. Descripción del área de estudio 45
4.1.1. Localización 45
4.1.2. Clima 46
4.1.3. Geología 46

4.1.4. Topografía 46
4.1.5. Suelo 46
4.1.6. Vegetación 47
4.1.7. Fauna 47
4.1.8 Descripción socioeconómica 48
4.1.8.1. Demografía. 48
4.1.8.2. Principales Sectores, Productos y Servicios 49
4.2. Metodología del experimento 50
4.2.1. Fase previa 50
4.2.1.1. Colecta de vaina. 50
4.2.1.2. Beneficio de la vaina. 51
4.2.2. Análisis bromatológico de la vaina de mezquite y de la paja de cebada. 51
4.2.3. Diseño de tratamientos 52
4.2.4. Acondicionamiento del Módulo de producción. 53
4.2.5. Implantación del experimento 54
4.2.5.1. Esterilización del sustrato. 54
4.2.5.2. Siembra. 56
4.2.6. Toma de Datos y Análisis de Resultados. 58
4.3. Diseño experimental 59
4.4. Análisis estadístico 60
4.5. Indicadores socioeconómicos 60
5. RESULTADOS 62
5.1. Composición bromatológica y contenido de Carbono de la vaina de mezquite y de la paja de cebada. 62
5.2. Número de días transcurridos para la colonización del micelio en el sustrato 63
5.3. Días transcurridos para la aparición de los primordios 63
5.4. Días transcurridos para la primera cosecha. 63
5.5. Duración total del ciclo productivo. 64
5.6. Producción total de setas en peso fresco 66
5.7. Eficiencia Biológica 67
5.8. Tasa de producción 71
5.9. Análisis de contenido de humedad y proteína 72
5.10. Aspectos socioeconómicos del la actividad 75
5.11. Análisis financiero 78
5.11.1. Presupuestos, programa de inversiones y fuentes de financiamiento. 78
5.11.2. Programa de Inversiones 79
5.11.3. Capital de Trabajo 80
5.11.4. Reintegro del Monto de Financiamiento 86
5.11.5. Análisis Financiero 86
5.11.6. Evaluación del Proyecto 88
5.11.7. Impacto socioeconómico del proyecto 92
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 94
6.1. Conclusiones 94
6.2. Recomendaciones 96
7. BIBLIOGRAFÍA 98

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Algunos usos y beneficios del mezquite. 30

2. Propiedades nutricionales (seta fresca) 38

3. Composición bromatológica del sustrato 71

4. Comportamiento de la producción 73

5. Comportamiento productivo en base a la relación C/N. 75

6. Variación de la producción en base al coeficiente C/N. 75

7. Eficiencia Biológica de los tratamientos en el experimento. 76

8. Tasa de producción por tratamiento. 80

9. Contenido de humedad y proteína por tratamiento 81

10. Presupuesto de inversiones. 87

11. Plan de inversiones desglosado para el equipamiento del laboratorio de micelio. 88

14. Producción de hongo fresco y micelio para venta esperada. 90

15. Ingresos económicos por venta de productos. 91

12. Determinación del Capital de trabajo. 92

13. Depreciación de los activos productivos. 94

14. Capitalización y reintegro del monto de financiamiento. 95

15. Estado de resultados. 96

16. Evaluación con el criterio año cero. 97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Clasificación de los sistemas agroforestales basados en el tipo de componentes. Tomado de Nair, 1997. 16

2. Actividad agrícola y producción de hongos seta. 17

3. Producción de vaina de mezquite. 17

4. Ganadería con ovinos y bovinos. 18

5. Flujo de la materia en la propuesta de aprovechamiento de los recursos agroforestales. 19

6. Distribución de: *Prosopis* spp. Adaptado de Palacios, 2006. 22

7. Mezquite en el poblado de Xaltocan, Nextlalpan. 22

8. Tronco con corteza negruzca. 23

9. Ramas flexuosas. 23

10. Inflorescencia (**a**); esquema de la flor (**b**) de *Prosopis* (Adaptado de Ffolliott y Thames, 1983). 24

11. Vainas maduras y tiernas. 25

12. Vaina (Adaptado de Ffolliott y Thames, 1983). 25

13. Semilla de *Prosopis* (Bureau Of Land Management, 2001). 26

14. Esquema del corte transversal de la semilla (Ffolliott y Thames, 1983a). 26

15. Esquema de las principales partes de la hongo seta (a) y fotografía del mismo (b). 35

16. Localización del municipio de Nextlalpan de F.S.S. (Bejines, 1997). 54

17. Colecta de vaina 59

18. a) Secado al sol; b) molino agrícola; c) molienda de la vaina y d) harina de mezquite. 60

24. Distribución de tratamientos y bloques en el experimento. 61

19. a) Módulo de producción; b) limpieza con agua; c) preparado de agua con cal y nopal y d) encalado de paredes y estantería. 63

20. a) Llenado de costales con paja; b) apilado de costales en el tambo metálico y llenado de agua; c) tratamiento térmico y d) choque térmico con agua fría. 64
21. a) aplicación de cal al sustrato y b) rociado de bolsas con agua clorada. 65
22. a) Pesado del sustrato; b) pesado de harina de vaina de mezquite; c) micelio y d) siembra en el sustrato. 66
23. a) Cerrado de bolsas y b) identificación de las mismas. 66
25. Cuerpos fructíferos. 73
26. Comportamiento de la producción. 74
27. Eficiencia biológica en relación al coeficiente C/N. 77
28. Eficiencia biológica y producción comparativa en el experimento. 78
29. Cantidad de humedad presente en las setas. 82
30. Contenido de proteína en base seca, en los tratamientos. 83
31. Capacitación para la producción de hongo seta. 84
32. Difusión para el consumo del hongo seta. 85
33. Presentación de hongos en escabeche. 86
34. Punto de equilibrio para el año 1. 99
35. Punto de equilibrio para el año 2. 100
36. Punto de equilibrio para el año 3. 101

1. INTRODUCCCIÓN

El municipio de Nextlalpan de Felipe Sánchez Solís, se encuentra situado al noroeste del estado de México; por cientos de años estuvo cubierto por las aguas saladas del lago de Xaltocan. Debido a ello encontramos suelos arcillosos y profundos, con alto potencial agrícola y forestal.

A pesar de que las tierras ejidales del municipio cuentan con riego de aguas negras y la producción agrícola (constituida principalmente por maíz y forrajes), es rentable, existe una considerable superficie de tierras de propiedad comunal bajo régimen de temporal, la cual no ha sido aprovechada y de no darle un uso, corre el riesgo en un futuro, de formar parte de la mancha urbana de la ciudad de México. Esto traería consigo graves problemas ambientales por contaminación, así como una presión por los recursos.

Actualmente en el Municipio se están desarrollando varios proyectos productivos encaminados al uso holístico de los recursos naturales. Entre ellos se encuentran el cultivo de cebada maltera en las tierras comunales; la producción de hongos seta (*Pleurotus ostreatus*.), con fines de autoconsumo y venta, actividad que aún se encuentra en desarrollo; la innovación ganadera y forestal. Éste último contempla la forestación y aprovechamiento sustentable con mezquite (*Prosopis laevigata*), especie nativa del municipio, cuya vaina es reconocida por sus propiedades ecológicas y para la alimentación humana y animal.

La Agroforestería, al ser una herramienta integradora de los distintos sistemas de producción básicos (agricultura, ganadería, silvicultura y el recurso humano), se presenta como una alternativa para aprovechar sosteniblemente los recursos naturales y todos aquellos materiales provenientes de los procesos productivos básicos.

La presente investigación pretende establecer las bases para el aprovechamiento integral, desde el punto de vista técnico y económico, de residuos agrícolas (paja

de cebada), para la producción de hongos seta; probando la adición de harina de mezquite como suplemento, para aumentar rendimiento y calidad del producto. También se contempla el aspecto socioeconómico de la producción mediante el estudio financiero para el proyecto de establecimiento de un laboratorio de micelio para el autoabastecimiento y venta de una planta productora de hongo seta con fines comerciales

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 General

Establecer las bases técnicas mediante el aprovechamiento de esquilmos agrícolas (paja de cebada) adicionados con productos forestales (vaina de mezquite, *Prosopis laevigata*), para la producción integral de hongos seta (*Pleurotus ostreatus.)*, así como un análisis de sus implicaciones socioeconómicas y el impacto de un proyecto de inversión para un laboratorio de micelio en el municipio de Nextlalpan, México, con el fin de fomentar el desarrollo sostenible de la población

2.2. Particulares

- Analizar en laboratorio las propiedades bromatológicas de la paja de cebada y la vaina de mezquite, para calcular los tratamientos en base a u coeficiente C/N.

- Evaluar el efecto de la adición de harina de vaina de mezquite en diferentes cantidades, como suplemento en el sustrato (paja de cebada), en la producción y calidad del hongo seta.

- Registrar el ciclo productivo del hongo y calcular la eficiencia biológica y tasa de producción de cada uno de los tratamientos para estimar el rango de adición más adecuado en base a su coeficiente de C/N.

- Determinar en laboratorio la cantidad de proteína y humedad presente en el hongo seta por tratamiento, para evaluar la calidad del producto.

- Establecer la rentabilidad económica de la producción de hongo seta y su impacto social, bajo un proyecto de inversión para el establecimiento de un laboratorio de micelio y producción comercial de setas.

- Realizar un diagnóstico de la producción del hongo seta en el municipio para conocer su estado actual y poder implementar mejoras.

2.3. Hipótesis

Al determinar en base a parámetros técnicos (coeficiente C/N) la suplementación adecuada del sustrato para la producción de hongo seta con harina de vaina de mezquite, aumentará la producción y eficiencia biológica del proceso, afectando en la calidad del producto (cantidad de proteína y humedad) y sus beneficios económicos.

Dichos beneficios se verán reflejados en un proyecto de inversión viable para el establecimiento de un laboratorio de micelio y producción comercial de setas, lo cual será una alternativa para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales del Municipio de Nextlalpan, en beneficio de la población.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. La Agroforestería

3.1.1. Definiciones

La agroforestería se refiere a una amplia variedad de sistema de uso de la tierra, donde los árboles y arbustos se cultivan en una combinación interactiva con cultivos y/o animales para múltiples propósitos, y se considera como una opción viable para el uso sostenido de la tierra (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

La agroforestería es una forma de cultivo múltiple, bajo el cual se encuentran tres condiciones fundamentales: 1) existen ahí por lo menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente; 2) por lo menos en la combinación de especies vegetales hay una perenne leñosa; y 3) por lo menos, una de las especies vegetales es manejada para producir forraje, cultivo anual o perenne (Somarriba, 1992)

La agroforestería es un nombre colectivo para los sistemas del uso de la tierra y tecnologías donde las perennes leñosas (árboles, palmas, bambúes, etc.), usan deliberadamente en las mismas unidades de manejo de tierra con cultivos agrícolas y/o animales en alguna forma de arreglo espacial o de secuencia temporal (Lundgren y Raintree, 1983)

Por lo anterior podemos concluir que la agroforestería como sistemas de uso de la tierra adecuadamente manejados, incluyen la integración de los sistemas productivos básicos (agricultura, ganadería y silvicultura), en las mismas unidades productivas, con el fin de que dichos elementos interactúen biológica y económicamente, en base a las necesidades de la población.

3.1.2. Clasificación de los Sistemas Agroforestales

Según la presencia y naturaleza de sus componentes los sistemas agroforestales son: Silvopastoril, Agrosilvicloa y Agrosilvopastoril (Nair, 1985).

En la figura se muestra el diagrama elaborado por Nair (1997) en el que se muestra la clasificación de los sistemas agroforestales, en donde utiliza los tres componentes básicos manejados por el usuario (perennes leñosos, plantas herbáceas y animales).

Figura 1. Clasificación de los sistemas agroforestales basados en el tipo de componentes. Tomado de Nair, 1997.

3.1.3. La agroforestería y la producción de hongos

Como se observa en el diagrama anterior existen otros sistemas agroforestales fuera de la clasificación general, denominados otros sistemas; Young (1997), menciona la existencia de elementos especiales como los árboles con insectos o peces, pero podemos encontrar gran variedad de elementos de acuerdo al sitio en los que se relacionan con los elementos agroforestales como el caso de la apicultura.

Tomando en cuenta que los hongos de forma silvestre son considerados recursos forestales no maderables, mencionarlos dentro de la agroforestería sería pertinente; en este caso hablaremos de especies cultivadas dentro de la agricultura, y que fueron domesticadas tomándolas de los bosques.

3.1.4. La agroforestería aplicada en la producción

El presente trabajo no pretende proponer un sistema agroforestal en sí mismo, pero plantea utilizar las herramientas de la agroforestería para integrar los diferentes sistemas de producción básica del municipio:

a) Agricultura: producción de granos y hongos comestibles (Figura 2).

Figura 2. Actividad agrícola y producción de hongos seta.

b) Silvicultura: no desarrollada, pero con especies de alto potencial como el mezquite (Figura 3).

Figura 3. Producción de vaina de mezquite.

c) Ganadería ovinos y bovinos de producción de leche (Figura 4).

Figura 4. Ganadería con ovinos y bovinos.

De esta forma que los subproductos provenientes de ellos proporcionen valor agregado a sus procesos de forma mutua. Por tanto la paja proveniente de la producción de grano de cebada fue utilizada como sustrato para la producción de hongo seta; así mismo la vaina de mezquite (especie nativa y cuyo fruto no es aprovechado actualmente), fue empleada en forma de harina, como suplemento en el sustrato, con la finalidad de mejorar la producción y calidad del producto.

Por otro lado el sustrato residual de la producción de hongo seta, se plantea como una alternativa para la alimentación del ganado y/o como elemento para compostas aprovechables en la agricultura y la silvicultura.

Este planteamiento igualmente va encaminado a apoyar y fortalecer la difusión de sistemas agroforestales en la región como el propuesto por Hernández (2010), en el cual describe el diseño del sistema agroforestal Mezquite-maguey con forrajeras de corte, el cual mostro LER (Índice Equivalente de la Tierra-“Land Equivalent Ratio”), superior al del monocultivo a lo largo del tiempo

En la figura 5 se muestran los posibles flujos de materiales provenientes de las actividades básicas de la región.

Figura 5. Flujo de la materia en la propuesta de aprovechamiento de los recursos agroforestales

En la esquina superior derecha observamos el cultivo del hongo seta, cuyo sustrato proviene de la actividad agrícola (arriba a la izquierda), con la adición de la harina de vaina de mezquite (abajo a la derecha); sus residuos se pueden aprovechar como abono para estas dos actividades, agricultura y silvicultura o como alimento para el ganado (abajo a la izquierda), el cual también proporciona abono orgánico para estas dos actividades, cerrando un ciclo de actividades y flujo de energía.

3.2. Descripción de las especies

3.2.1. Generalidades del Mezquite

3.2.1.1. Nombres comunes.

Mezquite - nombre aplicado en toda su área de distribución; útuh (huasteco); chúcata, tiritzecua (lengua tarasca) – Michoacán; algarrobo - Colima, Jalisco, Nayarit (Pennington y Sarukhán, 1998). Vargas (2004), menciona que el nombre de "mezquite" proviene de la palabra azteca de origen náhuatl para nombrar al árbol: "misquitl".

3.2.1.2. Clasificación taxonómica.

De acuerdo con Ffolliott y Thames (1983a), hay 40 especies de *Prosopis* del Nuevo Mundo, distribuidas en las áreas áridas y semiáridas de América del Norte y del Sur. En cambio en el Viejo Mundo, sólo cuatro especies, las cuales se ubican en África y Asia. Nueve especies son nativas de América del Norte, incluyendo México. De las especies mexicanas dos también se encuentran en Sudamérica, así que 33 especies se hallan de forma natural y 31 de ellas son endémicas de América Central y del Sur.

Por otra parte Rzedowski (1988) menciona que a nivel mundial, el género *Prosopis* tiene 44 especies, de las cuales 42 se encuentran en el Continente Americano en dos grandes centros: el norteamericano (México-Texano) y el sudamericano (Argentina-Paraguay-Chileno); El complejo norteamericano cuenta con 10 especies, de las cuales se encuentran presentes en nuestro país: *Prosopis laevigata, P. articulata, P. pubescens, P. palmeri, P. tamaulipana, P. glandulosa* var *glandulosa, P. glandulosa* var *torreyana, P. velutina, P. juliflora, P. reptans* var*. cinerancens.*

En el año de 2006 Palacios reportó además para el territorio mexicano tres especies nuevas para la ciencia: *Prosopis mezcalana sp. nov.* (Guerrero y

Michoacán); *P. mayana sp. nov.* (Yucatán); y *P. yaquiana sp. nov*. (Sonora, Baja California Sur y Sinaloa).

La clasificación taxonómica de la especie es la siguiente (CONAZA e INE, 1994; Pennington y Sarukán, 1998):

Reino: Vegetal
Phylum: Phanerogama
Subphylum: Angiospermae
Clase: Dicotyledoneae
Familia: Leguminosae
Subfamilia: Mimosoideae
Género: *Prosopis*
Especie: *P. laevigata* (H.&B. ex Willd.) M.C. Johnst.

3.2.1.3. Distribución geográfica y ecología.

El género *Prosopis* se encuentra en un territorio de medio millón de hectáreas entre México y Estados Unidos. Además es destacado en Perú, Chile, Argentina, Brasil, en la región Sahel del Sahara en África, en Haití, Paquistán y en las partes áridas de la India (Vargas, 2004).

El área de *Prosopis laevigata* se compone, al menos, de tres segmentos (Altiplanicie, Depresión del Balsas y Planicie Central Nororiental), separados entre sí por cadenas montañosas más húmedas, que no son fácilmente "permeables" para los mezquites. Este hecho unido a las diferencias morfológicas entre las tres poblaciones, indica también la antigüedad de la especie, que debe remontarse a épocas en que las montañas no obstaculizaran su dispersión, aunque es factible asimismo que la población de la Planicie Central Nororiental se comunicaba anteriormente con la Altiplanicie vía Nuevo León y Coahuila, pero más tarde *P. laevigata* fue desplazada de ahí por *P. glandulosa* (Rzedowski, 1988).

En nuestro país el mezquite es muy destacado ya que es una planta que crece completamente silvestre en las zonas áridas y semiáridas, donde las condiciones para la agricultura son adversas, formando parte del matorral xerófilo (CONAZA e INE, 1994).

Rzedowski (1988), menciona que *P. laevigata* es el mezquite típico del centro y del sur de México. En cuanto a su morfología no se trata de una entidad uniforme y lo mismo es válido para sus entidades ecológicas. En un extremo se hallan plantas de tierra caliente en climas semihúmedos, mientras que otras poblaciones prosperan en altitudes próximas a 2500m y hacia el norte donde la precipitación apenas llega a 300mm anuales en promedio. En zonas en que su área de distribución hace contacto con la de *P. glandulosa,* por lo general se observa una franja de coexistencia de ambas especies, en la cual la mayoría de los árboles muestra caracteres intermedios (Galindo, 1986; Rzedowski, 1988) (Figura 6).

Figura 6. Distribución de: *Prosopis* spp. Adaptado de Palacios, 2006 (*P. laevigata*).

Figura 7. Mezquite en el poblado de Xaltocan.

3.2.1.4. Descripción botánica de la especie.

Árbol desde 13 m de altura y diámetro normal de hasta 80 cm, pero generalmente menor (Pennington y Sarukhán, 1998). En la Figura 7 se muestra un individuo localizado en el poblado de Xaltocan.

Raíz. Su sistema radical es amplio y profundo, la raíz principal puede alcanzar profundidades de más de 50 m, y sus raíces laterales se extienden hasta 15 m a los lados del árbol (CONAZA e INE, 1994).

Troncos y Ramas. El tronco es de corteza obscura o negruzca (Figura 8); las ramas flexuosas formando una copa esférica o deprimida (Figura 9). El tronco se ramifica a baja altura, en ocasiones al nivel del suelo. Los tallos más delgados son espinosos, frecuentemente áfilos y provistos de abundante parénquima cortical (CONAZA e INE, 1994). Espinas generalmente abundantes, axiliares (Ffolliott y Thames, 1983). La madera es dura y pesada, en el centro es café o negra, muy resistente por su dureza y consistencia (Cedillo y Mayoral, 1997).

Figura 8. Tronco con corteza negruzca.

Figura 9. Ramas flexuosas

Hojas. Pueden presentarse uno o dos pares de pinna por hoja, de 2,5 a 12 cm de largo, con 20 a 30 pares de foliolos cada una. Los foliolos son glabros, lineares, oblongos de 5 a 10 mm de largo, y de 2 a 7 veces más largos que anchos. Sus intervalos sobre el raquis son inferiores a sus anchos; su color es verde pálido a grisáceo, y en la parte inferior tiene una fuerte nervadura pinada (Ffolliott y Thames, 1983). La época de formación de renuevos se extiende desde marzo hasta mayo; los foliolos permanecen en la planta de abril a diciembre (Gómez, *et al*., 1970; CONAFOR, 2007).

Se trata de una especie muy variable dentro de toda su área de dispersión. En Nuevo León se hallan individuos que son intermedios entre *P. laevigata* y *P. glandulosa*. Aparentes representantes de *P. laevigata* se encuentran en el área general que va del sudoeste de Jalisco al sudeste de Nuevo León hasta el este de Durango. Por lo general hay un sólo par de pinnas por hoja, pero a menudo son dos pares, especialmente en los árboles desde Querétaro hasta Jalisco. Los foliolos en estos árboles son menores de 10mm de largo, y en cantidades de 20 a 35 pares, o aún de hasta 40 pares por pinna, que es la cantidad más elevada contada sobre cualquier *Prosopis* en América del Norte (Ffolliott y Thames, 1983).

Inflorescencia y Flores. Los racimos son de 4 a 10 cm de largo y llevan flores blanco-verdosas con pétalos de 3 a 4 mm de largo (Figura 10a). El cáliz es de alrededor de 1 mm de largo (Ffolliott y Thames, 1983). Las flores son bisexuales, actinomorfas, con cinco sépalos y diez estambres. Los estambres son rectos, divergentes y con un tamaño doble al de la corola; el ovario está cubierto por filamentos sedosos. El pistilo tiene una forma de urna y el estilo de cilindro; el ovario es súpero, unilocular, unicarpelar y de placentación parietal; el estigma es cóncavo (Figura 10b). Florece durante un lapso corto que inicia en febrero-marzo y termina en abril-mayo y la época de floración coincide con la brotación de los foliolos (Gómez, *et al.* 1970; CONAZA e INE, 1994). Producen un aroma y néctar agradable a los polinizadores (Cedillo y Mayoral, 1997).

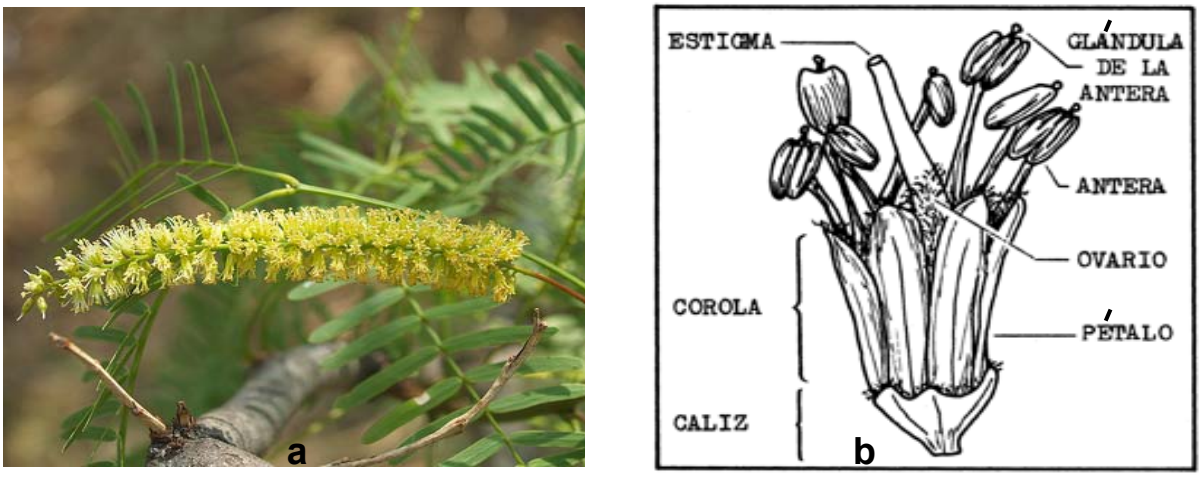


Figura 10. Inflorescencia (**a**); esquema de la flor (**b**) de *Prosopis* (Adaptado de Ffolliott y Thames, 1983).

Frutos. Los frutos son vainas o legumbres en forma de lomento drupáceo; alargadas, rectas o arqueadas y en algunos casos espiraladas, indehiscentes, de 10 a 30 cm de longitud; pueden ser planas o cilíndricas en la madurez, y contienen de 12 a 20 semillas; la cáscara o pericarpio es coriácea, de color amarillento. El mesocarpio presenta una pulpa gruesa y esponjosa, de sabor dulce, que envuelve el endocarpio el cual está articulado en pequeños compartimientos donde se alojan las semillas, dispuestas en una hilera ventral (Pennington y Sarukhán, 1998) (Figuras 11 y 12).

Figura 11. Vainas maduras y tiernas.

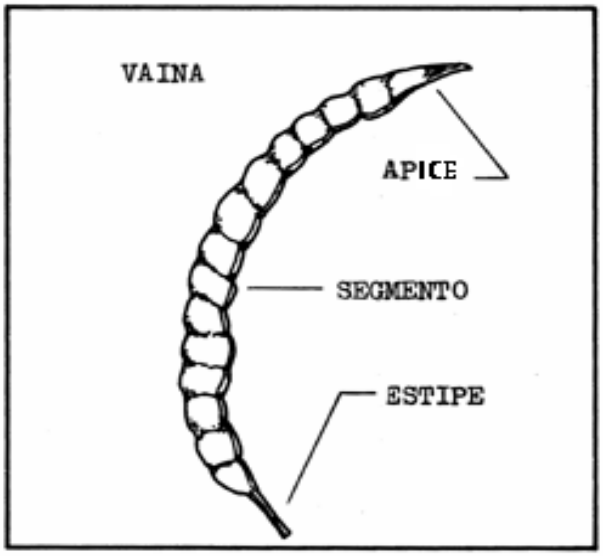


Figura 12. Vaina (Adaptado de Ffolliott y Thames, 1983a).

De acuerdo con Gómez *et al*. (1970), la fructificación ocurre entre los meses de junio y julio, sin embargo en CONAZA e INE (1994), se menciona que se extiende durante los meses de mayo a agosto, Las vainas se desarrollan en cuanto la flor ha sido fecundada, empiezan a madurar en el mes de junio, en tal forma que para el mes de agosto han adquirido una forma abultada y toman un color paja. Ffolliott y Thames (1983) reportan que según el Informe de la Fase I del proyecto FAO/CIRF, la cosecha en nuestro país se puede realizar a partir de agosto, y puede concluir hasta el mes de octubre.

Semilla. Es de forma oblonga o aplastada, dura, su coloración varía desde café claro al oscuro, según la especie, variedad y el sitio donde se produce (Figuras 13 y 14). La diseminación de las semillas es zoófila y endozóica, es decir, a través del tracto digestivo de animales (CONAZA e INE, 1994).

Figura 13. Semilla de *Prosopis* (Bureau Of Land Management, 2001).

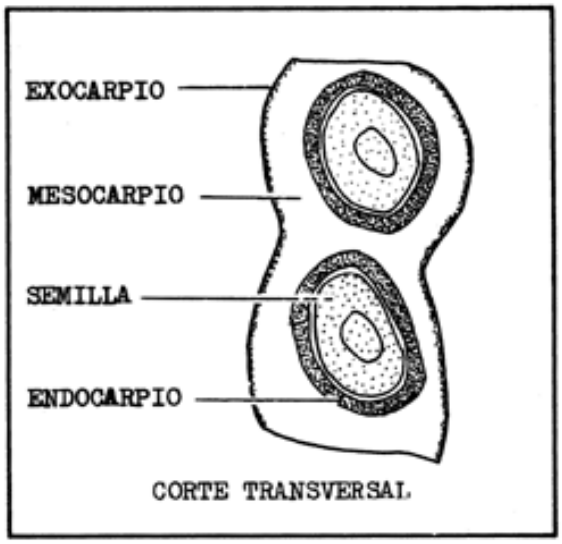


Figura 14. Esquema del corte transversal de la semilla (Ffolliott y Thames, 1983).

3.2.2. Usos

Para la producción forestal, el mezquite es importante ya que su madera es fuerte y durable, de la cual se fabrican muebles, objetos decorativos y artesanías; es muy usado como leña y altamente demandado como carbón (Arteaga *et al.,* 2000). Los frutos y el follaje son fuente de forraje para el ganado doméstico, siendo los primeros de alto valor alimenticio en algunas áreas de México; se recogen, se muelen y se dan como alimento al ganado (Vargas, 2004). En el caso del follaje es aprovechado cuando muy tierno en Estados Unidos (Burkart, 1952).

Las vainas del mezquite contienen grandes cantidades de azúcar y el contenido proteínico de las semillas es similar al de la soya, son usadas para la alimentación humana como sustituto de café y harina. Dicha harina hecha de las semillas y vainas del mezquite mezclada en pequeñas cantidades con harina de trigo ha sido

probada en varias recetas que incluyen panes y galletas, que han tenido resultados favorables (Burkart, 1952; Vargas, 2004).

En el altiplano potosino y en general en regiones de climas secos la vaina se consume como fruta, se utiliza para elaborar atole, pinole, pan, piloncillo, queso e incluso para preparar una bebida alcohólica (Burkart, 1952; Galindo y García, 1986; Ábrego, 1991).

En los territorios áridos de la India, el cultivo de mezquite ha demostrado producir 1kg de miel de abeja por año a partir del néctar de cada planta de mezquite, para un total de 100 a 400kg de miel por hectárea por año (CONAZA e INE, 1994).

En varias comunidades lejanas de las ciudades, el mezquite sigue siendo la única fuente de combustible que utilizan sus habitantes como leña o carbón en el hogar para preparar sus alimentos, y como fuente de calor durante la noche y sobre todo en el invierno, esto debido a su excelente poder calorífico, en el orden de 17 000 joules.kg^{-1} (Ffolliott y Thames, 1983; CONAZA e INE, 1994; Arteaga *et al*., 2000; INE, 2002; Meza y Osuna, 2003).

Durante la época de sequía constituyen una fuente de empleo para los lugareños que recolectan las vainas, quienes obtienen por parte de los ganaderos establecidos en la región de $1.50 a $3.00 por cada kilogramo. En la actualidad se han llegado a utilizar al rededor de 40 000 ton como forraje y en concentrados que son suministrados al ganado (Arteaga *et al*., 2000), esto debido a su alta calidad al ser combinado con otras materias primas (González, 2001).

De acuerdo con lo reportado por Gómez *et al.* (1970), se sabe que el aprovechamiento alcanzó un valor total de 35.2 millones de pesos, en un lapso de diez años en el período de 1956–1965, siendo el carbón el producto que representó el 57% del total de la producción. Aunque el valor más alto se obtuvo de la producción del carbón, se considera que el producto más valioso del mezquite es el fruto, pues contribuye a reducir el costo de la alimentación del ganado. Cuando se pierden cultivos como maíz, fríjol, trigo, o se reduce la porción

de palma, lechuguilla o la obtención de cera de candelilla, los campesinos de las zonas áridas y semiáridas se dedican a la recolección de frutos (Cedillo y Mayoral, 1997; FAO, 2007).

La goma que exuda el tronco, es translucida de color ambarino, firme, quebradiza y astringente al gusto, se ha reportado que contiene 20% de taninos, la cual posee características similares a la goma arábiga por lo que puede ser empleada para los mismos fines que ésta y sugiere la posibilidad de ser utilizar para reemplazar gomas importadas (INE, 2002; Espinosa y Lina, 2006). Estas características y propiedades le confieren un gran potencial para su uso como material estructural en la elaboración de recubrimientos y películas, comestibles emulsificadas (Bosquez-Molina *et al.*, 2000). Se han llevado a cabo estudios en *P. laevigata* para conocer su rendimiento en producción de goma, en un bosque de mezquite en San Luís Potosí en una extensión de 600 ha con una densidad de 200 árboles/ha, y una producción de 30g de goma/árbol en un periodo de 15 a 20 días durante 6 meses, teniendo un potencial productivo de 2,061 ton.año^{-1}. Esta producción podría satisfacer la demanda nacional de goma arábiga y habría excedentes para exportación (López *et al*., 2006)

Desde el punto de vista ecológico, los mezquitales son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, constituyen el hábitat para una buena cantidad de fauna silvestre y mejoran la estética del paisaje (Felker, 1988). Además Torres (2000), citado por Palacios (2006) menciona que esta especie brinda protección como cortina rompe viento y mejora la calidad del suelo al incorporar cantidades considerables de nitrógeno, lo que aumenta la productividad de los cultivos asociados.

Posee la característica de ser un excelente proveedor de abono verde y materia orgánica útil como forraje cuya producción varía desde los 300kg.h^{-1}a hasta los 8,000kg.ha^{-1}; dependiendo de la intensidad de la poda, la producción de madera se tiene entre 50 a 100 ton/ha; y la de frutos, que son ricos en proteínas y que poseen un sabor muy dulce oscila entre los 3,000 a 4,000kg.ha^{-1}. Puede llegar a

obtenerse hasta 10,000kg.ha^{-1} en sitios con alta disponibilidad de agua subterránea; el promedio de producción de vaina por individuo es de 7.2 kg.

Este árbol ha demostrado que funciona muy bien dentro del contexto urbano, por lo cual se describe y se enmarca la potencialidad de ser usada como una especie arbórea ornamental en la dasonomía urbana, que aporta servicios ecológicos al mejoramiento de la calidad de vida en las ciudades. En los últimos años se ha intensificado su reproducción en los viveros forestales para labores de restauración e incluso para su cultivo comercial (Granados, 1996; CONAFOR, 2007).

Desde el punto de vista medicinal es una especie excepcional, como puede verse en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Algunos usos y beneficios del mezquite (adaptado de Cervantes, 1998)

Uso	Parte aprovechable	Aplicación
Alimentación humana	*Flor*	Miel generada por las abejas que chupan el néctar de la flor
	Fruto y vaina	Fruta fresca, fruta en almíbar, pinole de mezquite, queso de mezquite, piloncillo, atole y vino.
	Goma	Como golosina.
Uso Medicinal	*Corteza*	Antidisentérico y para la gastritis. Infusión de trozos de corteza con ramas más jóvenes.
	Goma	Remedio para la laringitis (disuelta como infusión).
	Hojas	Antiséptico. Lavado de ojos con infusión a partir de las hojas.
		Antidesentérico y gastritis. Emoliente.
	Ramas y troncos	Desinflamatorio. Pomada de ceniza de lejía con manteca.
Uso Forrajero	*Fruto y vaina*	Consumo de vaina y harinas
	Hojas	Ramoneo de follaje verde o seco para ganado

		bovino, caprino, ovino, caballar, asnal, mular y porcino.
	Corteza	Curtiduría.
	Goma	Pólvora de escasa potencia. Tintes: para teñir lana.
	Hojas	Fertilizante orgánico. El follaje forma un grueso mantillo
Usos Diversos	*Ramas y troncos*	Aperos de labranza: arado, mangos de palas y picos. Carretas: en especial para las ruedas. Construcción de viviendas y muebles. Leña y carbón: para la cocción de alimentos, combustible para ladrilleras, panaderías y restaurantes. Postes para cercas. Otros: parquet, elaboración de artesanías, recreación humana y refugio de vida silvestre.

3.3. Generalidades de los Hongos Comestibles

De acuerdo con el COLPOS y Fundación Produce (2003), los hongos, en general, forman parte de uno de los reinos más diversos en la naturaleza, en donde actúan biodegradando y reciclando la materia orgánica (principalmente lignina y celulosa) en los ecosistemas; el ciclo de vida de estos organismos está conformado por una fase vegetativa (micelio) y otra reproductora (cuerpo fructífero).

Se estima que existan cerca de 250,000 especies de hongos, tanto de variedades macro como microscópicas, estos últimos, de más o menos 10,000 especies cuyos cuerpos fructíferos de diversos tamaños, formas y colores, pueden ser comestibles o no comestibles, dada su textura y consistencia, o bien venenosos (Martinez-Carrera, 1993). Solo el 10% son comestibles, el contenido de proteína en los hongos comestibles es considerado como su principal atributo nutricional, ya que contiene un valor promedio de 19 al 35 % en base a su peso seco, comparado con el 23.8 % en el pollo, 19.4 % en carne de res y el 25.2 % en la leche (Velasco y Vargas, 2004).

Dentro de los hongos comestibles existen especies micorrizicas, parasitas y saprofitas. Casi 80 especies (básicamente saprofitas) se han logrado cultivar en laboratorios de diversas partes del mundo, 22 han sido cultivadas comercialmente, y solo 10 se producen a escala industrial. En México, se sabe que existen más de 200 especies de hongo comestibles (Martínez-Carrera, *et al.* 1993).

En México muchas especies de hongos han sido reportadas como comestibles y algunas de ellas se consumen desde tiempos prehispánicos, sin embargo, a pesar del enorme conocimiento tradicional sobre los hongos, no existen evidencias del cultivo de tales organismos por parte de los diferentes grupos indígenas que habitaron la América precolombina. Los hongos, conocidos entre los aztecas como *Nanacatl*, vocablo que significa “carne”, dieron además nombre a algunos lugares como Nanacatepec (el cerro de los hongos) y Nanacamilpa (lugar donde crecen los hongos), mostrando así la importancia de estos organismos en la vida cotidiana. Otro aspecto interesante en el conocimiento tradicional de los hongos es la gran cantidad de nombres vernáculos que existen en América Latina. Para el caso concreto de las especies comestibles, se han registrado más de 2 mil nombres comunes (Gaitán-Hernández *et al*, 2002).

Esta tradición prehispánica micófaga se ha ido transmitiendo den forma hereditaria de padres a hijos hasta nuestros días. Por ello, es frecuente observar que durante la temporada de lluvias, en los mercados estén colocados hongueros vendiendo diferentes especies (Sánchez, 1994).

El término “setas” es aplicado en México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus* y afines), pero estos hongos también son conocidos popularmente como orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate y orejas de izote. México es pionero en el cultivo de setas en América Latina ya que dicha actividad inició en los años 70, desde entonces el interés por su propagación y consumo ha ido en aumento. Debido a la relativa facilidad del cultivo de las setas, en la última década los niveles de producción aumentaron alrededor de 400 por ciento. Actualmente México produce cerca de 4 mil toneladas

de setas anualmente, lo cual equivale aproximadamente al 60 por ciento de la producción total de América Latina. Debido a la consistencia de las setas, con frecuencia se les denomina como “carne vegetal”, dicho apelativo denota una característica muy importante de estos hongos, ya que pueden adecuarse con facilidad a diferentes preparaciones culinarias y su valor nutritivo comparado con otros alimentos es aceptable. Estas características hacen de las setas un complemento alimenticio de gran valor (Gaitán-Hernández *et al*, 2002).

Dicho lo anterior, el cultivo de hongos en la actualidad se ha manifestado como una alternativa ideal para satisfacer en gran medida, las necesidades proteicas y nutricionales de una población creciente, sobre todo en los países subdesarrollados, en función de su bajo costo de producción, alto contenido proteico y su obtención en grandes cantidades en un lapso de tiempo corto con técnicas sencillas en áreas pequeñas (Martinez-Carrera, *et al.* 1993).

Las setas crecen de manera natural en troncos en descomposición o en diferentes materiales obtenidos como subproductos de las actividades agrícolas. Por esta razón es posible cultivarlas en desechos de la agroindustria tales como pulpa de café, bagazo de caña de azúcar y diversas pajas de cereales. El método general de cultivo de los hongos es relativamente “simple” y por lo tanto, permite cultivarlos utilizando tecnologías no sofisticadas, con lo que se tiene la ventaja de producir alimento para consumo humano a partir de desechos agrícolas, además de ayudar al rápido reciclaje de tales desechos. Los residuos del cultivo de las setas pueden ser utilizados como mejoradores de suelo, así como complemento en la alimentación de ganado (Gaitán-Hernández *et al*, 2002).

Es una alternativa de subsistencia alimentaria en las áreas rurales en la cual puede participar la familia, ya que permite mejorar la nutrición, en virtud de ser un sustituto de la carne de origen animal. Este producto nos genera beneficios directos en la alimentación, y beneficios indirectos al hacer uso de los materiales locales como alternativa productiva y otros con atributos medicinales, tales como propiedades antivirales y antibacteriales. El cultivo de hongos comestibles se

sustenta en la idea de aprovechar los subproductos agrícolas con el fin de generar un producto alimenticio (Gaitán-Hernández *et al*, 2002). Los hongos viven sobre materia orgánica viva o muerta; los hongos saprófitos son los más producidos ya que son los descomponedores de materia orgánica como madera, hojas y paja en la naturaleza (Guzmán, 2000).

Es una tecnología fácil de implementar y puede convertirse en una fuente secundaria de ingresos económicos, presenta ventajas ya que no se requiere de productos químicos; una vez que se obtuvo el producto comestible, del sustrato se puede obtener abono orgánico, mediante los procesos de composteo y vermicomposteo, estos a su vez pueden utilizarse como abonos orgánicos para la producción de plantas y hortalizas; también, hay un efecto directo en la conservación y mejora de la calidad de los suelos (Gaitán-Hernández *et al*, 2002).

3.4. Descripción de los hongos seta y su producción.

El género *Pleurotus* tiene una amplia distribución mundial y así como la mayoría de los hongos no se puede definir un centro de origen determinado; por lo tanto, se van a encontrar especies silvestres en diferentes regiones del mundo, donde existan condiciones ambientales para su desarrollo (Ulloa y Herrera 1990). Su clasificación taxonómica es la siguiente (Eger *et al*., 1979)

Reino: Fungi
Phylum: Basidiomycota
Clase: Hymenomycetes
Orden: Agaricales
Familia: Pleurotaceae
Género: Pleurotus
Especie *P. ostreatus* (Jacquin ex Fries) Kummer

3.4.1. Características Morfológicas

Los hongos en general son conocidos por su forma de paraguas, con un sombrero más o menos circular y un eje o pie que lo sostiene, pero para el caso de las setas este pie es más lateral que céntrico, por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja, de hecho a este hongo técnicamente se le llama Pleurotus, término que deriva del griego pleurá o pleurón, costado o lado y del latín otus, oreja (Gaitán-Hernández *et al*, 2002).

Las estructuras de *Pleurotus* son complejas y con alto grado de diferenciación. El ciclo de crecimiento y desarrollo de este hongo inicia con la fusión de las hifas, proliferación, agregación, compactación y ramificación, desarrollo de órganos y extensión colateral. El crecimiento vegetativo y reproductivo son actividades reciprocas, cuando se acumula suficiente biomasa vegetativa ocurre una conversión a productos reproductivos, encontrando que existen factores promovedores o reguladores del desarrollo vegetativo que inhiben o promueven la reproducción (Manachere *et al.*, 1983).

El hongo seta está conformado por un sombrero que es redondeado totalmente. Su superficie es lisa, abombada y convexa cuando es joven, y va aplanándose cuando el hongo madura. El borde está un poco enrollado al principio. Su diámetro oscila entre 5 y 15 centímetros según la edad del hongo. El color es variable, desde gris claro hasta pardo, aunque va alcanzando una coloración más amarillenta con el tiempo (Gaitán-Hernández *et al.*, 2002).

En la parte inferior del sombrero posee unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o de color crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o esporadas de color blanco con cierto tono lila-grisáceo. El pie suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y

algo peloso en la base. Puede crecer en forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los arboles. La carne de la seta es blanda, de olor algo fuerte, tierna al principio y después correosa (Kurtzman y Zadrazil, 1989; Barbado, 2003).

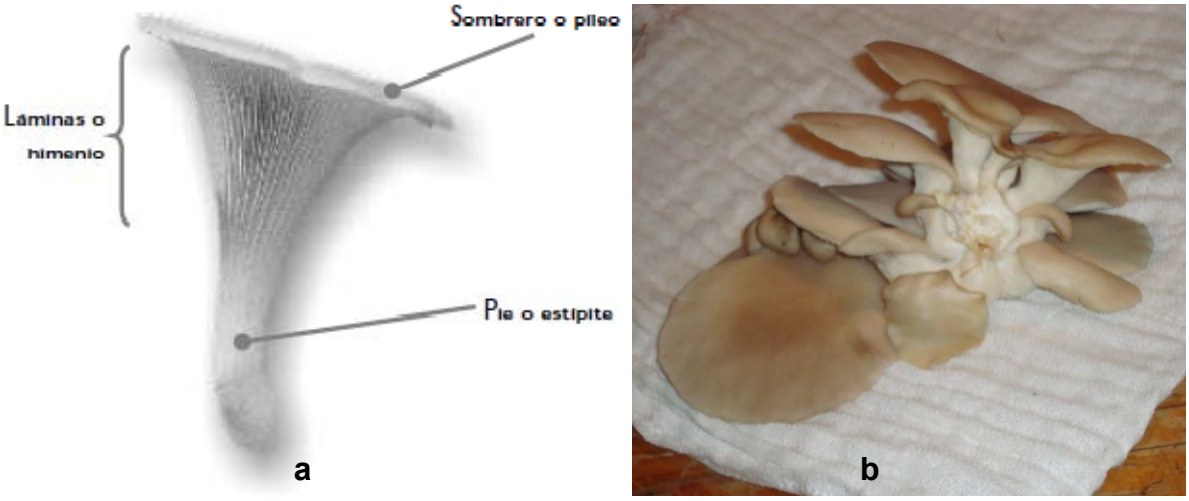


Figura 15. Esquema de las principales partes de la hongo seta(a) y fotografía del mismo (b).

3.4.2. Cultivo del Hongo *Pleurotus* spp.

Su producción se basa en el uso del substrato lignocelulósicos regionales y representa una alternativa viable de producción por ser de fácil adopción, de manejo sencillo, de baja inversión y alta productividad (Villegas, 1996); ya que su producción es más eficiente al utilizar menor cantidad de energía que los otros productos agropecuarios (Coronel y Martínez, 1997).

En México se producen más de cien millones de toneladas, y algunas veces son considerados como desechos, y lo desperdicios (cascara de café, hojas secas de maguey, mazorca de cacao, aserrín de madera, olote de maíz, tamo de maíz, etc.), de los sistemas de producción agrícola, ya que como no se consideran como productos del mismo proceso productivo, por lo que se trata de biomasa desaprovechada y que algunas veces genera contaminación (Aceves, 1997). Al sembrar los hongos sobre esta, se tiene un aprovechamiento de los subproductos

y, por ende, se disminuye la contaminación que estos generan (Sánchez, 1994), esto hace su cultivo bastante económico, ya que permite el aprovechamiento de una gran variedad de desechos agroindustriales (Zamora, 1998).

3.4.3. Propiedades nutricionales

Los hongos frescos contienen aproximadamente 90% de humedad (Gómez *et al*., 1985); A continuación se citan algunas de las propiedades nutricionales y de uso terapéutico que se han encontrado a los hongos del genero *Pleurotus*.

Proteínas. El porcentaje de proteína en el hongo puede variar de acuerdo a la etapa de desarrollo. Con un diámetro de 5 a 8cm se encontró una alta concentración de proteína cruda y proteína digestible 36.38 y 34.10% respectivamente, siendo mayor en el píleo que en el estípite. Cuando los cuerpos llegaron a un diámetro mayor de 10cm la proteína no digestible fue mayor que la no digestible, tanto en el sombrero como en el tallo (Vetter, 1994). La cantidad de proteína reportada para *P. ostreatus* varia según el autor que reporta y el sustrato que utiliza así se han reportado cantidades de 10.5% (Bano y Rajarathnam, 1988; Gómez *et al*., 1985); 20.5% (Chang y Miles 1989); 19-35% (Guzmán *et al.*, 2002); 26% (Gaitán-Hernández *et al*, 2002).

Carbohidratos. Los carbohidratos son los principales componentes de *Pleurotus spp.* Y varía de 46 a 82% (Gómez *et al*., 1985), de 57% y 14% de fibra cruda, de los cuales el 47% es fibra dietética; de los carbohidratos 4.2% son solubles, 1.66% pentosas, 32.26% hexosas; sacarosa, alcohol-azucares, azucares-ácidos, metil-pentosas y aminoazúcares como la quitina (Bano y Rajarathnam, 1989).

Lípidos. *Pleurotus ostreatus* contiene del 1.6 al 9.4% de lípidos en peso seco y en promedio se considera 2.85. La grasa cruda contenida en este tipo de hongos es mayor en el estípite que en el píleo y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y trigliceridos, esteroles, esterolesteres y fosfolipidos. En general, los lípidos de

tipo neutro, constituyen de 20 a 30% del total, los glicol hipidos un 10% y los fosfolipidos del 60 al 70%. El ácido linoleico es el que más abunda (hasta en un 80% del total de ácidos grasos) y la Fosfatidil-colina y la fosfatidil-etanolamina, son los principales fosfolipidos. Por otro lado, *P. ostreatus*, tiene una buena cantidad de esteroles, Ergosterol es el más importante en alrededor de un 70% del total (Bano y Rajarathnam, 1982; Breene, 1990 citado por Leben, 2004).

Se han identificado por otro lado, algunas sustancias aromáticas (volátiles), con 8 átomos de carbono, derivadas por la acción enzimática a partir del acido oleico y linoléico, estas son responsables en gran parte del aroma y delicioso sabor característico de este tipo de hongos (Rajarathnam y Bano, 1991; Beltrán-García *et al*.1997).

Vitaminas. Todos los hongos suelen ser una buena fuente de tiamina (vitamina BI), riboflavina (vitamina B2), niacina, ácido pantoténico, biotina y acido ascórbico (vitamina C). En el caso de *Pleurotus ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra entre 4.8 y 7.8mg/100g. riboflavina 4.7 a 4.9mg/100g. y niacina 55 a 109mg/100g todo en peso seco. Los contenidos de acido ascórbico son muy altos, hasta de 36 a 58mg/100g del peso seco por lo que pueden ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales, pueden ser utilizados en el tratamiento del escorbuto, la diabetes, hipoglucemia, cáncer, etc. (Kang *et al.* 1998 citado por Leben, 2004).

Minerales. Los hongos absorben todos los minerales que contiene el substrato donde son cultivados, tienen entre 5 y 10% de cenizas en base seca. Por lo general presentan cantidades considerables de sodio, fosforo y potasio, una proporción media de hierro, magnesio y calcio en menor cantidad y muy bajas de cobre, manganeso, zinc, molibdeno y calcio. También se han encontrado trazas de plomo, arsénico y mercurio (Chang y Miles 1989; Breene, 1990 citado por Leben, 2004; Franco 1996).

Cuadro 2. Propiedades nutricionales (seta fresca)

Cantidad por 100g de Seta Fresca			
Agua (g)	90.13	Hierro (mg)	0.35
Grasas (g)	0.13	Calcio(mg)	14.57
Proteínas (g)	2.42 (24.5*)	Magnesio (mg)	115
Carbohidratos (g)	6.92	Potasio (mg)	430
Fibra (g)	6.94	Sodio (mg)	41.78
Cenizas (g)	0.4	Calorías (Kcal)	38.59
Fósforo (mg)	45.8		

* En Base Seca

Fuente: Ciappini *et al.*, (2004).

Propiedades medicinales. En algunas partes de África se reporta el uso del *Pleurotus tuber-regium* mezclado con una serie de plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades, como dolores de cabeza, fiebre, resfriados, asma, hipertensión arterial, padecimientos del sistema nervioso, dolor de estomago y estreñimiento (Kadiri y Fasiri, 1992 citados por Leben, 2004).

Se ha reportado que la ingestión periódica de los hongos reduce el nivel de colesterol en la sangre y consecuentemente la hipertensión arterial (Martínez *et al*., 1993).

En México y parte de Centroamérica se ha reportado el uso de algunas especies de *Pleurotus*, con fines terapéuticos, entre estas especies se han mencionado las siguientes: *Pleurotus smith*, *P. ostreatoreosus* y *P ostreatus*, se especifica el uso de estos hongos para el tratamiento de la hipertensión, como diurético, en la reducción del colesterol y como afrodisiaco (Guzmán, 2002). Por otro lado, el alto contenido de ergosterol es transformado en vitamina D por acción de los rayos de luz UV al ser deshidratados al sol. Por lo que las setas deshidratadas de esta forma, son una buena fuente de esta vitamina, muy importante para la absorción de calcio, sobretodo del fosfato de calcio fundamental para el buen desarrollo de huesos y dientes (Kang *et al*., 1998, citado por Leben, 2004).

3.4.4. Descripción del proceso de producción

El proceso de cultivo de obtención de *Pleurotus ostreatus* consta de 4 etapas fundamentales: elaboración y conservación del inoculo, colonización o incubación, fructificación, cosecha y recolección. La etapa de elaboración y conservación del inóculo es descrita por Gaitán-Hernández *et al*, (2002):

La preparación de inóculo o semilla constituye la base para el cultivo comercial de las setas, y se refiere a la propagación o desarrollo masivo del hongo en granos de gramíneas, principalmente sorgo o trigo. La elaboración de inóculo se realiza en dos etapas: *Inóculo primario*. Es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa crecida en medio de cultivo. *Inóculo secundario*. Es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el substrato elegido para la producción de hongos. La elección de los granos o semillas para la producción de inóculo dependerá de su disponibilidad, bajo costo y calidad. Se pueden emplear semillas de sorgo, trigo, centeno, cebada, avena, mijo y arroz, entre otros. Si el inóculo no se emplea inmediatamente puede ser almacenado de preferencia en obscuridad y refrigeración a 5°C hasta por tres meses, aunque lo recomendable es utilizarlo a la semana de estar en refrigeración.

3.4.4.1. Instalaciones.

El hongo seta tiene requerimientos importantes y específicos, estos requerimientos determinan el buen desarrollo y producción del hongo; controlando las condiciones de cultivo, aseguramos la obtención de utilidades atractivas para los productores, de acuerdo con Velasco y Vargas (2004), para el cultivo del hongo seta se requiere de las siguientes áreas:

a). Área de almacenamiento de sustratos e insumos. Este sitio es donde se depositan los materiales o sustratos a utilizar, los cuales pueden ser pajas secas (maíz, trigo, cebada, sorgo, aserrín, cacahuate u otros), con bajos contenidos de resinas, o bien, papel y/o materiales con altos contenidos de carbono (celulosa, hemicelulosa, lignina).

b). Área de pasteurización y siembra. En esta área se requerirá de materiales locales (bidón, agua, parilla, combustible y/o leña) con la finalidad de realizar una asepsia del sustrato de que se trate para eliminar todo microorganismo y/o bioespora de otro hongo no deseable y que contamine el material elegido. En esta área se requiere de una mesa con características que faciliten su lavado y desinfección. Debe ser un área con mínimas corrientes de aire para prevenir la contaminación del sustrato.

c). Área de incubación. El área de incubación debe ser un cuarto oscuro con bancales, literas y/o estructuras específicas para colocar las bolsas. Se requiere de una fuente de energía para iluminar el área cuando sea necesario. En climas donde la temperatura es menor a 18ª centígrados es recomendable hacer uso de calefactores para regular la temperatura requerida para la incubación.

d). Área de producción. El área de producción debe ser un cuarto con un 50% de Iluminación indirecta, estimulando el brote y crecimiento de primordios; para lo cual debe mantenerse una humedad de 80% y una temperatura entre los 18 y 30º centígrados, y a los 5-6 días de inicio del crecimiento el hongo puede ser cortado. En esta área debemos contar con bancales, literas, y/o estructuras en donde se puedan colocar las bolsas necesarias. Además de inyectores y extractores de aire, más un sistema de riego por aspersión o nebulización.

3.4.4.2. Material lignocelulosico.

Se llama sustrato al material que proporciona alimentación al hongo, a nivel comercial se utiliza ampliamente paja de trigo, avena, cebada, arroz; rastrojo de maíz, frijol, uva, algodón; pulpa y cascarilla de café; residuo de caña, además se han realizado ensayos con materiales como vainas secas de fríjol, zacate buffel, viruta de encino, bagazo de henequén, lirio acuático, fibra de coco, olote y tamo de maíz, pimienta, canela, zacate limón, cardamomo,, hojas de piña hojas y tallos de plátano y palma de aceite, papel periódico, cartón etc. Esta es una de las ventajas del cultivo de hongo seta, que se puede aprovechar los desechos de la cosecha que se tenga en la localidad (Martínez-Carrera *et al*, 1993; Sánchez, 1994; Franco 1996; Velasco y Vargas, 2004; Mandeel, *et al*., 2005; Rizki y Tamai, 2010.

La presencia de fenoles en el sustrato inhibe el crecimiento de *Pleurotus* spp. aunque éste secreta enzimas oxidantes que pueden metabolizar estos compuestos. Generalmente, el tratamiento con agua caliente remueve los compuestos fenólicos del sustrato (Bano y Rajarathnam, 1989).

3.4.4.3. Preparación del sustrato.

Humectación. Para la preparación del sustrato se requieren triturar, moler o picar las materias primas de base ya sean hojas, pajas, henos y tallos, además de hidratar previamente por un periodo de 12 a 24 horas. (Guzmán *et al.*, 2002)

Pasteurización. Para este proceso hay diversos criterios como por ejemplo: 2-3 horas a 75 °C, 5-8 horas a 70 °C y 1 hora a 93 °C. La pasteurización se efectúa con quemadores de gas doméstico, leña o calderas mediante la inyección de vapor, se emplea un tambo metálico de 200 litros de agua llenado en sus ¾ partes. Se calienta hasta alcanzar temperaturas de ebullición (Velasco y Vargas, 2004). Zadrazil (1978) menciona que es suficiente de 30-45 minutos a 80ºC y después dejarlo enfriar a temperatura ambiente. Existen otros tratamientos como la inmersión de agua con cal y después tratarla con vapor por 1hr; inmersión en agua con cal [$Ca(OH)_2$], al 1.8% durante 12 a 24hrs (Chocobar, 2005)

3.4.4.4. Suplementación del sustrato.

Cuando la elaboración del sustrato se basa en la utilización de aserrines, materiales muy pobre en nitrógeno y con una elevada relación C/N, es frecuente recurrir al uso de salvados de cereales (arroz, trigo, etc.), para equilibrar nutritivamente el sustrato (Sánchez y Royse, 2001)

Los materiales lignocelulosicos contienen en general bajo contenido de proteína, insuficiente para el cultivo de hongos, los cuales requieren nitrógeno, fosforo y potasio. Puesto que la relación C/N juega y rol importante en el crecimiento micelial y en el crecimiento de los cuerpos fructíferos, la suplementación de nitrógeno es un factor importante para aumentar la producción de los hongos; sin embargo la adición de nitrógeno al sustrato con suplementos orgánicos no ha sido muy estudiada aún (Mane *et al*., 2007).

En general durante la revisión de literatura se observó que los experimentos encaminados a la producción de hongos seta, tratan la prueba de sustratos de diversos orígenes y sus combinaciones, y pocos son los que utilizan otros materiales para suplementar al sustrato, que por lo general es el de mayor abundancia de la región. Además sus combinaciones son aleatorias, principalmente expresadas en porcentajes y pocos trabajos reportan la relación C/N del sustrato y su efecto en la producción y cantidad de proteína del producto.

Por ejemplo de Naraian *et al.* (2009), quien uso olote de maíz como sustrato para el cultivo *P florida*, suplementando con urea, sulfato de amonio, paja, salvado, semillas de algodón, semillas de mostaza, semillas de nuez y melaza en tres diferentes combinaciones de cada una: olote + urea (0.5, 1 y 1.5%); olote +sulfato de amonio (0.5, 1 y 1.5%); olote + pasto (2, 3 y 5%), olote + salvado (2, 3 y 5%); olote + semillas de algodón (2, 3 y 5%), olote + semillas de mostaza (2, 3 y 5%), olote + semillas de nuez (2, 3 and 5%), y olote + melaza (2, 3 y 5%). Todos los tratamientos presentaron mayor productividad que el control, sin embargo, sustratos con altos niveles de suplementación presentaron significativas

reducciones en la producción. El suplemento más eficiente en este estudio fue la semilla de algodón al 2%) con una eficiencia biológica del 93.5%, seguida por el 2% de salvado, la cual reportó una eficiencia biológica de 93%, no obstante este estudio no menciona la relación C/N del sustrato.

Recientemente Sales-Campos *et al*. (2010) realizo un estudio para probar La viabilidad de aprovechamiento de residuos madereros y agroindustriales, disponibles en la región amazónica, para la formulación de sustratos alternativos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Para eso, fueron seleccionados dos residuos madereros: aserrín de marupá (SIAMP) y de balso (SAPB); y dos residuos de origen agro-industrial: bagazo de caña de azúcar (SIACN) y tallo de pijiguao (SIAPP). Estos fueron suplementados con una mezcla de salvado de arroz, trigo y maíz 18%, como fuente de proteína, con adición de 2-3% de CaCO3 para la corrección del pH (6,5). La productividad de los sustratos fue evaluada de acuerdo a la eficiencia biológica donde fueron alcanzados los respectivos resultados promedio en porcentajes: 125,60%, 99,80%, 94,00% y 64,60%, para SIAPP, SIACN, SIAMP y SIAPB, respectivamente.

En este estudio se concluye la viabilidad del uso de estos sustratos a nivel comercial, pero no se visualiza claramente las condiciones que hacen estos sustratos aptos para ello (su composición química, características físicas, etc.)

Por tanto es necesario hacer estudios más a fondo en cuanto a tales características químicas, pues la sola suplementación no garantiza el aumento de la producción como en el caso de Pedra y Marino (2006). Quienes suplementaron cascara de coco con salvado de arroz y trigo, obteniendo eficiencias biológicas bajas (10.04-14.99%).

3.4.4.5. Siembra.

La siembra es un procedimiento que consiste en mezclar el micelio con el sustrato. Pueden usarse bolsas de polietileno transparentes de 70 x 90cm, pero para explotaciones pequeñas son más recomendables de 50 x 70 cm ó 40 x 60 cm.

Debido a que la bolsa grande puede sobrecalentarse si la temperatura del lugar de incubación es elevada, también se dice que la paja no tiene la misma eficiencia en la producción. En la práctica, el tipo de bolsa puede ser determinado de acuerdo con las condiciones particulares de cada lugar y de acuerdo con los resultados que se vayan teniendo. Para ser sembrada, el contenido de humedad de la paja debe estar entre el 70 y el 80 %, en la práctica el contenido de humedad se determina tomando un puño de paja y apretándola moderadamente, si caen gotas de agua o es notoria la humedad que queda en la mano, la paja tiene exceso de agua, en este caso se debe esperar a que escurra y hay que removerla (Velasco y Vargas, 2004).

Aproximadamente de 150 a 250 g de inóculo se requieren para sembrar 5 Kg (peso húmedo) de paja, es decir del 3 al 5% (Gaitán-Hernández *et al*, 2002).No se recomienda el uso de mayores cantidades de semilla (más de 5%), debido a que puede haber sobrecalentamiento del sustrato. Ya que la paja toma la humedad y la temperatura óptima se procede a realizar el llenado de la bolsa colocando una capa de sustrato de 10 cm. seguido de una capa de semilla (lo que alcance a tomar la mano esparciéndolo en la periferia de la bolsa), y así sucesivamente; hasta alcanzar la altura deseada, entonces, se cierra perfectamente la bolsa. Esta es etiquetada con la fecha de siembra y colocada en el área de incubación (Velasco y Vargas, 2004).

3.4.4.6. Incubación.

Las bolsas inoculadas se trasladan al área de incubación en donde permanecerán por alrededor de 20 días; esta área debe estar en oscuridad y con una temperatura de 28ºC (Guzmán *et al*. 2002). Una vez sembrado el hongo inicia su crecimiento sobre el sustrato en que fue sembrado, durante las primeras 24 horas el micelio crecerá poco debido a que debe adaptarse al cambio del medio y por la manipulación que se hace es dañado un poco y debe recuperarse. El crecimiento acelerado inicia aproximadamente a las 48 horas, dependiendo de las condiciones ambientales (Velasco y Vargas, 2004).

A los dos días, si no hay problemas de contaminación deberán hacerse pequeñas perforaciones a las bolsas con una aguja estéril (Zamora, 1998). Durante un período de 15 días el hongo utiliza lignina y celulosa como fuente de energía para la síntesis de proteína y otras sustancias metabólicas. En cuanto a nitrógeno es capaz de incrementar el contenido de nitrógeno en el medio en que crece sintetizando proteínas y fijando nitrógeno; en esta etapa de incubación tiene lugar la síntesis de proteínas para la estructura micelial. La incubación como proceso biológico es determinada por las condiciones ambientales y físicas que prevalezcan (Velasco y Vargas, 2004).

3.4.4.6.1. Factores en la incubación.

Las condiciones del ambiente necesarias son las siguientes: humedad relativa de 82 a 86%, concentración de CO_2 del sustrato 20000ppm; temperatura del sustrato 27.7 a 30ºC; pH ideal de 6.0 a 6.5 (Guarín y Ramírez 2004).

Cuando la temperatura excede los 30°C el ritmo de crecimiento se vuelve lento llegando a la detención total y muerte del micelio a los 40°C.si la temperatura baja el riesgo de contaminación por hongos competidores es mayor y cuando es de 4°C o menos el micelio sufre daños graves y puede incluso morir (Velasco y Vargas, 2004).

3.4.4.6.2. Período de inducción.

Desde el momento en que se determina que la incubación ha sido completada, se inicia la fase de inducción de la fructificación o iniciación de primordios. La aparición de primordios de cuerpos fructíferos requiere del manejo adecuado de los factores ambientales; la temperatura va de los 18 a los 23 °C; la humedad del aire debe ser del 80 al 95 %, se proporciona iluminación de 8 a 12 horas. Durante este período se debe mantener la ventilación para que el aire fresco baje la temperatura y remueva el CO_2, para mantener cantidades menores al 0.08%(Velasco y Vargas; Guarín y Ramírez 2004).

3.4.4.7. Fructificación.

La producción sucede en tandas u oleadas, es decir salen en forma abundante durante tres u ocho días, presentándose un periodo de receso que dura de diez a veinte días (Zamora, 1998)

Zadrazil (1978), menciona que las especies de *Pleurotus* crecen en un rango de 0 a 35ºC y que el óptimo en el periodo de fructificación es de 10 a 15ºC.En cuanto a la humedad Chang y Hayes (1978) mencionan que la falta de humedad ambiental inhibe la fructificación y se consideran cantidades de humedad relativa de 80 a 85% como optimo.

De acuerdo con Kaufert (1935), citado por Sánchez (1999), la etapa de fructificación requiere luz de longitudes de onda corta (cargado hacia el color azul del espectro; si la luz se proporciona con lámparas fluorescentes, que son ricas en luz azul, debe ser en cantidad suficiente para que uno pueda leer material impreso (aproximadamente 150 a 200 lux). La luz se hace necesaria durante un periodo de 8 a 12 hrs diarias, caso contrario *Pleurotus* spp. se deforma con sombrero pequeño y pálido, y pie largo (García, 1987).

La fructificación suele darse en condiciones normales cuando se tiene un 20 % de oxígeno y una concentración de CO_2 no mayor de 800ppm en el ambiente que circunda al hongo (Sánchez y Royse, 2001).

3.4.4.8. Plagas y enfermedades

En el área de producción de setas uno de los problemas más comunes en lo que se refiere a plagas son diversas especies de moscas y mosquitos que son atraídos por el olor de los hongos y del micelio; se presentan desde el período de incubación si las condiciones de limpieza no son muy buenas y los orificios de las bolsas son muy grandes, o también si alguna bolsa se rompe por acción del sustrato o se desata el nudo de la bolsa, estas también pueden ser vectores de

hongos y virus. En plantas rústicas también pueden presentarse problemas por roedores (García, 1987; Zamora, 1998; Velasco y Vargas, 2004).

Otra plaga de cuidado son los moluscos (caracoles y babosas), éstas proliferan debido a la alta humedad del medio; sin embargo, se pueden controlar mediante cebos a base de cal y sal. Estos se colocan en las principales entradas y orificios del área del cultivo. También pueden ser atacados por catarinas (Zamora, 1998; Velasco y Vargas, 2004).

Durante la incubación *Pleurotus* necesita temperaturas entre los 20 y 28°C, en caso de registrarse temperaturas más bajas el riesgo de contaminación será mayor, los principales problemas son los mohos de los géneros *Trychoderma, Penicillium, Asperguillus*, *Neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus*, entre otros; .en caso de problemas severos pueden llegar a colonizar todo el sustrato haciéndolo inutilizable para el crecimiento de las setas, en estos casos conviene desechar inmediatamente todo el sustrato y destruirlo, en caso de permanecer las esporas de estos hongos se dispersarán y permanecerán en el ambiente teniéndose más posibilidades de futuras contaminaciones (Zadrazil y Kurtzman, 1989; Gaitán-Hernández *et al*, 2002; Velasco y Vargas, 2004).

Realizar una desinfección general al final de cada cultivo; la desinfección se puede hacer mediante encalado de la estantería y muros, además lavado de pisos con cloro (Velasco y Vargas, 2004).

3.4.4.9. Cosecha.

La primer cosecha se realiza a partir del día 25 al 40 dependiendo de las condiciones climáticas, cuando los frutos han alcanzado la madurez fisiológica que se caracteriza por un diámetro de 10 cm. y de largo de 8 a 12 cm. y con un peso variable de 50 a 80 gramos, producto suculento y bien definido, etapa en la cual contiene todos los elementos básicos que conforman el estado nutricional del producto. Generalmente es posible realizar una segunda cosecha de 15 a 20 días

después del primer corte y una tercera cosecha a los 20 días siguientes (Velasco y Vargas, 2004).

La cosecha de acuerdo con Velasco y Vargas (2004), se debe de realizar en el momento preciso para evitar que las setas se deshidraten rápidamente o se pudran y pierdan las características organolépticas deseadas; se deben cosechar en grupos haciendo un corte desde la base del pie con una navaja, sin estropear el micelio, se cortan cuando el píleo tiene una consistencia compacta y está extendido, pero sin tener en margen enrollado hacia arriba (Zamora, 1998).

3.4.5. Presentación para la venta del hongo

Una vez que el hongo se haya cosechado será necesario proporcionarle una presentación adecuada debido a su corta vida de anaquel,(platos de unicel, charolas, bolsas, etc.) con el propósito de cubrir las exigencias del mercado, (etiqueta con código de barras) si se comercializa, y si es para el autoconsumo generarle las condiciones al producto a modo que no pierda sus características deseables en estado fresco (Velasco y Vargas, 2004).

3.4.6. Aspectos socioeconómicos de los hongos

3.4.6.1. Producción Mundial.

Para el año 2008, FAO estimó la producción de hongos en 3.25 millones de toneladas a nivel mundial, encontrando que los principales países productores eran China (43.4%), Estados Unidos (11.8%), Países Bajos el (7.5%), España el (5.1 %).

En cuanto a las exportaciones mundiales en el año 2005, Polonia exportaba 94.53 mil toneladas de hongos, desplazando a Países Bajos con 85.33 mil toneladas, que por muchos años fue el principal exportador del producto. En cuanto a las importaciones los primeros lugares son Reino Unido con 110.8 mil toneladas Alemania con 48.16 mil toneladas, Países Bajos con 34.08 mil toneladas, Estados Unidos con 32.37 mil toneladas y Francia con 31.82 mil toneladas.

3.4.6.2. Los hongos comestibles en México.

La población rural en México representa alrededor de un tercio de la población total del país y continúa incrementándose en términos absolutos, lo cual significa una mayor presión sobre los recursos naturales y una mayor demanda de alimentos en el medio rural, y aunque su importancia económica sea decreciente [sólo aporta el 7.5% al producto interno bruto (PIB)], su importancia social es cada vez mayor, situación que obliga a buscar nuevas alternativas tecnológicas que logren responder a las exigencias más apremiantes de dicho sector (Arrieta, 2001 citado por COLPOS y Fundación Produce 2003).

El cultivo de Hongos comestibles es una actividad que se ha desarrollado ampliamente en diversas partes del mundo como Estados Unidos, Europa y el Sudeste de Asia. En México, dicha actividad se inició en 1933 por el sector privado y en 1989 por el sector social. Esta actividad es cada vez más importante social, económica y ecológicamente, ya que el monto anual de sus operaciones supera los 70 millones de dólares y genera alrededor de 15,000 empleos directos e indirectos (COLPOS y Fundación Produce, 2003).

En México, la producción de hongos comestibles en 1995 fue de 27,825 toneladas y generó cerca de 15,000 empleos directos (productores y comercializadores) e indirectos (distribuidores). Sin embargo, en el año 2001 la producción de hongos comestibles alcanzó las 38,708 toneladas, significando un incremento del 28.1%. De esta manera, “se ve reflejado como un cultivo de gran importancia económica no sólo para los grandes productores, sino también para el pequeño productor rural, que satisface las necesidades locales o regionales” (Martínez-Carrera *et al*., 2000; Martínez-Carrera, 2002).

El volumen de hongos producidos asciende a cerca de 28,000 toneladas por año. El 93% corresponde a los champiñones (Agaricus), 6.97% a las setas (Pleurotus),y 0.03 % y shiitake (Lentinula), obtenidas a partir de más o menos 280,000 toneladas de diversos subproductos agroindustriales y forestales,

acelerando así su biodegradación y reciclaje en la naturaleza. La mayor parte de la producción del país se concentra en los Estados de Jalisco, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz (Martínez-Carrera *et al*., 2000).

De acuerdo con Martínez-Carrera *et al*. (2000), de establecerse una estrategia de desarrollo exitosa para el sector, que mantenga cuando menos las tendencias actuales, se logrará una producción total anual de 62,734 (± 2'493,520 kg de proteína) y 103,096 (± 4'016,640 kg de proteína) toneladas de hongos comestibles para los años 2003 y 2007, respectivamente. Esto convertiría a nuestro país en el séptimo productor de hongos comestibles a nivel mundial, alcanzando un valor total de las operaciones comerciales cercano a los 263 millones de dólares. De acuerdo a estos escenarios, las exportaciones de hongos comestibles frescos y procesados se habrían incrementarán 514% para los períodos 1998-2003 y 2004-2007, con la correspondiente generación de divisas equivalente a más de 60 millones de dólares. Además, se crearían 17,361 y 19,767 empleos, directos e indirectos, sobre todo en las zonas rurales, para los períodos 1998-2003 y 2004-2007, respectivamente

El mercado doméstico mexicano contaría con un producto de mayor consumo popular, de más bajo costo, de mejor calidad, y abastecido adecuadamente a través de mejores canales de comercialización a nivel nacional. Se estimo que estas condiciones permitirían que el consumo *per capita* se incrementara cuando menos 100% para el período 1998-2003 (315 g a 630 g), y 50% durante el período 2003-2007 (630 g a 945 g) (Martínez-Carrera *et al*., 2000).

La importancia ecológica de fortalecer la producción rural y comercial de hongos comestibles, radica en que para el año 2007 podrán utilizarse en el país cerca de 671,980 toneladas de subproductos, generando alrededor de 300,000 toneladas de abono orgánico directamente utilizable para las actividades agrícolas tradicionales o intensivas. Esta proporción es aún pequeña (0.33%) comparada con el volumen total de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales que se generan en México (± 50'575,794 ton.año^{-1}). Otro aspecto importante, en

comparación con otros cultivos convencionales y agroindustrias, es la marcada eficiencia del proceso biotecnológico de producción de hongos comestibles para utilizar y convertir el agua y la energía en alimento humano (Martínez-Carrera *et al*., 1998).

Se ha estimado que para producir 1 kg de hongos comestibles (*Pleurotus*) empleando tecnologías rústicas se requieren 28 l de agua, en un período de 25-30 días después de la inoculación. Esta cantidad y período de producción son mucho menores que las estimaciones para otros alimentos y forrajes, tales como la papa (500 $l.kg^{-1}$), trigo y alfalfa (900 $l.kg^{-1}$), sorgo (1,110 $l.kg^{-1}$), maíz (1,400 $l.kg^{-1}$), arroz (1,912 $l.kg^{-1}$), soya (2,000 $l.kg^{-1}$), carne de pollo (3,500 $l.kg^{-1}$), y carne de res (100,000 $l.kg^{-1}$). Por consiguiente, se necesitan 3,571 veces más agua para producir 1 kg de carne de res, que para obtener 1 kg de hongos comestibles (Martínez-Carrera *et al*., 2000).

3.5. Indicadores de rentabilidad en los proyectos de inversión

Los indicadores de rentabilidad son parámetros financieros en los proyectos de inversión los cuales nos permiten decidir a viabilidad de un proyecto En sí mismo y frente a otros. Los parámetros más utilizados se describen a continuación, de acuerdo con Cruz (2003):

Valor actual Neto (VAN). El VAN es igual al valor actualizado de la corriente de beneficios menos el valor actualizado de la corriente de costos. El VAN refleja la utilidad neta actualizada atribuible al proyecto. Con el criterio del VAN es posible una clasificación aceptable de proyectos independientes, ya que constituye una medida absoluta, no relativa. El VAN es también el criterio preferido de selección para escoger entre proyectos que se excluyen entre sí, debido a un posible error en la aplicación de la medida de la tasa de interés a la cual se financia la inversión, el VAN permanece igual, ya sea que se compute antes o después del financiamiento. Ello proporciona una ventaja del VAN sobre la TIR.

$$VAN = \sum_{t=1}^{t=n} (BT-CT)/(1+i)n$$

Donde:

VAN= Valor Actual Neto

BT: Beneficios Totales

CT: Costos Totales

i: tasa de actualización

n: número de periodos

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR). La TIR es la tasa de actualización que hace que el VAN, flujo de fondos, de un proyecto sea igual a cero y representa la rentabilidad mínima del capital utilizado en la vida útil de un proyecto. La determinación de la TIR es muy útil para considerar las inversiones de proyectos agrícolas, este indicador proporciona una medida relativa, no absoluta, por lo que el criterio de decisión para la aceptación de proyectos, consiste en aprobar todos aquellos proyectos cuya TIR este por arriba del costo de oportunidad del capital (Tasa de interés).

$$TIR = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{(BT-CT)}{(1+i)^n}$$

Donde:

TIR: Tasa Interna de Rentabilidad

BT: Beneficios Totales

CT: Costos Totales

i: tasa de interés buscada

n: número de periodos

Relación Beneficio/Costo (B/C). la relación B/C se obtiene dividiendo el valor actual de la corriente de beneficios entre el valor actual de la corriente de costos,

es decir representa la relación ente beneficios y costos. La relación B/C menos uno, representa la ganancia o pérdida por peso invertido en la empresa o proyecto.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} (B / C)}{(1+i)^n}$$

Donde:

B= Beneficio monetario total de la operación

C= Costo de total de la operación

i= Tasa de actualización

n= Número de periodos

Punto de equilibrio. Se refiere al punto de funcionamiento de una empresa o unidad de producción donde los ingresos son iguales a los costos. El punto de equilibrio se puede calcular en términos de ingresos o en términos de cantidades producidas.

El cálculo del punto de equilibrio, en términos de ingreso, se realiza con la fórmula siguiente:

$$PE = CF / IT-ET$$

Donde:

PE= Punto de Equilibrio

CF= Costos Fijos

IT= Ingresos Totales

ET= Egresos Totales

Estos indicadores son los más comúnmente utilizados en los proyectos de inversión para establecer su viabilidad financiera.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del área de estudio

4.1.1. Localización

El poblado de San Miguel Xaltocan forma parte del municipio de Nextlalpan de Felipe Sánchez Solís, que se encuentra situado geográficamente dentro de los paralelos 19º 40’ 50” y 19º 46’ 21’’ de Latitud Norte, y los meridianos 99º 01’ 54” y 99º 07’ 46’’de Longitud Oeste, a una altitud media de 2230 msnm. El municipio se localiza en la cuenca del Valle de México (Valle Cuautitlán -Texcoco), a 36 kilómetros al norte de la capital del país, en la región II de Zumpango, en el extremo meridional del Valle de México, en lo que fue el antiguo lago de Xaltocan. (Bejines, 1997).

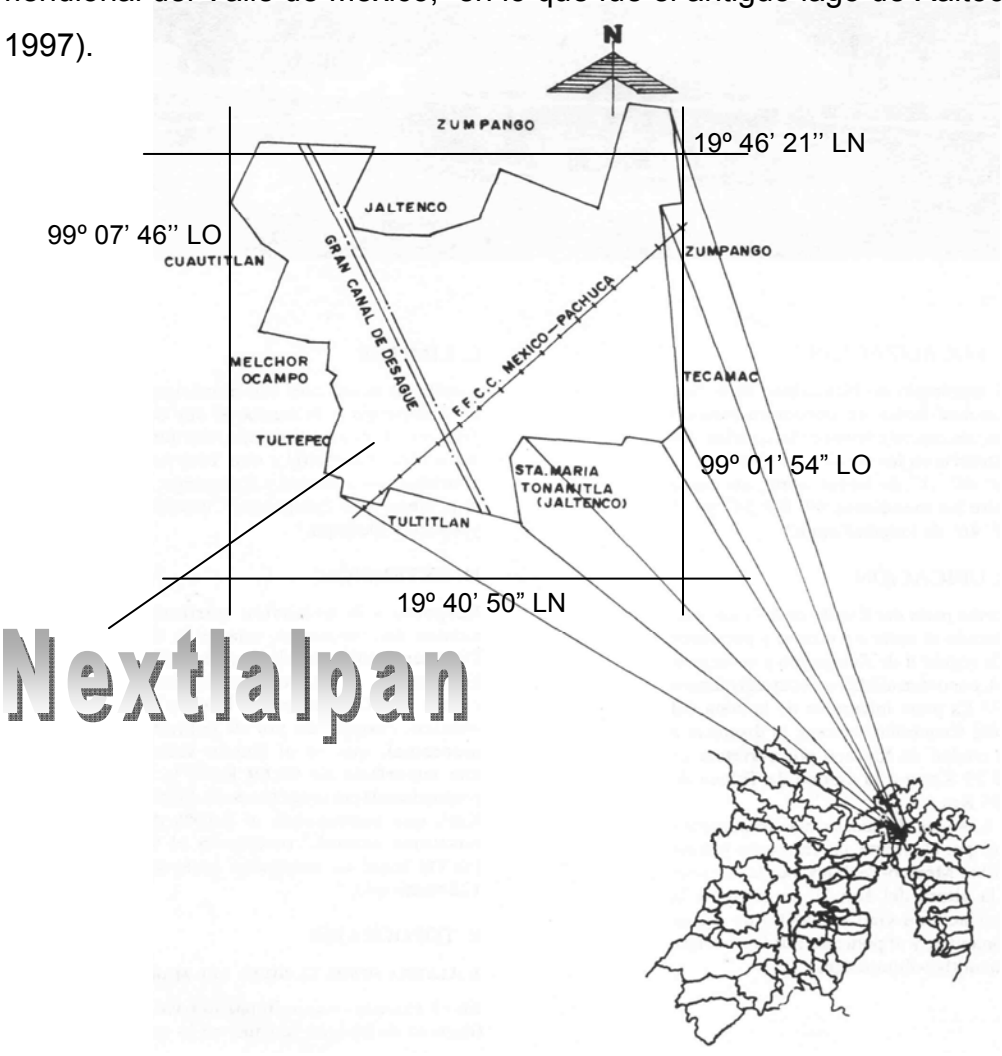


Figura 16. Localización del municipio de Nextlalpan de F.S.S. (Bejines, 1997).

4.1.2. Clima

El tipo de clima de la región está clasificado como Bs kw (w)(i')g, lo que quiere decir, que es semiárido con lluvias en verano con poca oscilación de temperatura; un promedio que casi nunca rebasa los 18ºC. Se registra una precipitación anual de 603.9mm con una temperatura media de 14.6ºC y una máxima de 32ºC, con heladas de noviembre a marzo, pudiéndose presentar desde septiembre (Bejines, 1997).

4.1.3. Geología

La formación geológica del municipio de Nextlalpan es de la era cenozoica del periodo cuaternario, con formaciones rocosas que con el paso del tiempo originaron distintos tipos de suelo. Los tipos de rocas que se encuentran principalmente son clásticas y volcánicas (López, 1980 citado por Bejines, 1997).

4.1.4. Topografía

A pesar de que el municipio de Nextlalpan es casi una planicie, existen algunos médanos al poniente del mismo, estas formaciones originadas en tiempos remotos, a consecuencia del deslave de las montañas que formaron la cuenca del altiplano. El relieve del poblado de Xaltocan no tiene elevaciones conspicuas, por lo cual se observa una planicie total (Varela, 1987).

4.1.5. Suelo

Los tipos de suelos que corresponden al poblado de San Miguel Xaltocan, de acuerdo con la clasificación de FAO/UNESCO (1994) son:

- Zolonchak mólico: se presenta como una capa superficial oscura, rica en materia organica y fértil.
- Zolonchak órtico: suelos con alto contenido en sales en todo o en parte cuando tienen vegetación, en pastizales o algunas plantas tolerantes al exceso de sal (Bejines, 1997).

4.1.6. Vegetación

De acuerdo con Bejines (1997), dentro de la población se encuentra una gran variedad de plantas y árboles de ornato, así como algunos pequeños huertos familiares, pero a las afueras de éste crecen pasto navajita (*Bouteloua gracilis)* y plantas halófilas (resistentes al exceso de sales), tales como: pasto salado (*Distichlis spicata),* quelites (*Amaranthus spp*), verdolaga (*Portulacca oleracea*), romeros (*Suaeda diffusa*), etc.: entre las especies arbóreas nativas encontramos al mezquite (*Prosopis laevigata*).

Por otra parte, debido a la perturbación producida por la acción humana, se ven gran variedad de plantas de la familia *Compositae* y a causa de que en un área cercana se sembró coquia (*Kochia scoparia*) por medio de avioneta, actualmente los alrededores del pueblo se encuentran cubiertos por dicha planta.

4.1.7. Fauna

Dentro del poblado de Xaltocan podemos observar la siguiente fauna, estas especies son descritas por Leopold (1965) y SEMARNAT (2001):

Mamíferos: conejo (*Sylvilagus floridanus*), liebre (*Lepus callotis)*, ardilla (*Sciurus aureogaster*), onza (*Mustela frenata*), ratón (*Mus sp.*), tuza (*Pappogeomys merriami*) y rata (*Rattus rattus*).

Aves*:* gavilán (*Accipiter nisus*), zopilote (*Cathartes sp.*), tórtola (*Zenaida macroura*), gorrión (*Carpodacus mexicanus*), zanate (*Quiscalus mexicanus*), cuitlacoche (*Toxostoma curvirrostre*), coquita (*Collumbina passerina*), lechuza (*Speotyto cunicularia*), cenzontle (*Mimus poliglottos*) y tordo (*Agelaius phoeniceus*).

Reptiles*:* lagartija (*Sceloporus* sp.), cincuate (*Pituophis* sp.) y camaleón (*Phrynosoma cornutum*).

Anfibios*:* sapos (*Bufo* spp.) y hasta hace algunos años todavía se observaban ajolotes (*Ambystoma mexicanum*).

Insectos y otros animales: varios tipos de mariposas, escarabajos, chapulines, hormigas, moscas y abejas. También se observa gran variedad de arañas, caracoles y cochinillas.

4.1.8 Descripción socioeconómica

4.1.8.1. Demografía.

La evolución demográfica del municipio es descrita por el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2005) y se presenta a continuación:

En el municipio es muy poca la gente que emigra comparada con los inmigrantes, quienes han llegado paulatinamente, incrementando la población que según INEGI en 1999 había llegado a 17,089 habitantes. En 1995 había 354 habitantes por kilómetro cuadrado, en 1997 hubo 318 nacimientos y 46 defunciones. De acuerdo al Conteo de Población y Vivienda 1995, en ese año el municipio contaba con 15,053 habitantes.

Para el año 2000, de acuerdo con los resultados del Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, existían en el municipio un total de 19,755 habitantes, de los cuales 9,646 son hombres y 10,109 son mujeres; esto representa el 49% del sexo masculino y el 51% del sexo femenino. Con base en los resultados que presento el II Conteo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 22,507 habitantes.

El 27% de la población total del municipio pertenece a la población económicamente activa.

4.1.8.2. Principales Sectores, Productos y Servicios

Agricultura. A causa de la poca humedad en los suelos ha ocasionado desde hace varias décadas que las actividades agropecuarias hayan caído al 15% haciendo que los campesinos complementen su economía recurriendo a otras actividades, ocupándose como obreros y pequeños comerciantes. Debido a que el lago de Xaltocan fue de agua salada, actualmente los suelos desecados son salitrosos, por lo cual la actividad de la agricultura no es redituable. A pesar de ello la tierra se fertiliza gracias al esfuerzo de los campesinos y a la introducción de los sistemas de riego Nextlalpan I y otros ya existentes (Bejines, 1997).

Los cultivos preferidos y más cosechados son: maíz, cebada, avena, trigo y alfalfa. Para ahorrar tiempo y trabajo se usa maquinaria moderna como tractores y segadores (Varela, 1987).

Ganadería. En el municipio se asientan algunas granjas avícolas y porcícolas. Pocas personas se dedican a criar en muy baja escala algunos animales como ovinos, porcinos, bovinos, conejos y aves de corral para autoconsumo (Bejines, 1997).

Industria. Desde 1943 inició en el municipio la industria de la confección de ropa destacando la fabricación de pantalones, aunque también se confeccionan camisas, vestidos, chamarras, trajes de baño y crinolinas. La mayoría de los talleres son maquiladoras, las prendas que se elaboran son de mezclilla. La industria es una actividad que proporciona una fuente de trabajo para los habitantes del municipio y de otras comunidades (Varela, 1987).

Comercio. En el municipio hay establecimientos comerciales con giros diversos, como tiendas de ropa, calzado, alimentos o misceláneas, ferreterías, papelerías, etc. un amplio sector se dedica al comercio ambulante, distribuyendo diversas mercancías por el sistema de abonos y al contado, vendiendo en la localidad y en poblaciones lejanas, visitando tianguis y domicilios (Bejines, 1997).

4.2. Metodología del experimento

Para la realización del experimento se llevó a cabo una etapa previa donde se colectó la vaina de mezquite y se realizaron análisis de laboratorio para determinar las características del sustrato, así como el acondicionamiento de la construcción donde se llevaron a cabo las pruebas. Posteriormente se dio paso al cultivo del hongo seta, el registro de su desarrollo y tras realizarse la cosecha fueron efectuadas pruebas del laboratorio al producto. Estas etapas se describen a continuación.

4.2.1. Fase previa

4.2.1.1. Colecta de vaina.

La primera actividad fue la colecta de vaina en la región que comprende al municipio de Nextlalpan y sus alrededores. Los mezquitales naturales fueron visitados durante el mes de febrero del año de 2010 y debido a las lluvias invernales ocurridas a principios de dicho año, las cuales produjeron la descomposición de la vaina producida durante el ciclo anterior, el material cosechado sólo fue suficiente para realizar los análisis bromatológico y de contenido de Carbono.

La vaina utilizada en el experimento se cosecho a fines del mes de julio y beneficiada en el mismo periodo, para obtenerla se trepo a los arboles y se obtuvo de forma directa, se evito levantarla del suelo para que no estuviese contaminada por algún tipo de patógeno (Fig.17).

Figura 17. Colecta de vaina

4.2.1.2. Beneficio de la vaina.

Las vainas de mezquite que se colectaron recibieron el siguiente tratamiento:

- Selección y limpieza de impurezas.
- Secado al sol por 48 horas.
- Molienda, para lo cual se empleó un molino agrícola mecánico (Fig.18).

Figura 18. a) Secado al sol; b) molino agrícola; c) molienda de la vaina y d) harina de mezquite.

4.2.2. Análisis bromatológico de la vaina de mezquite y de la paja de cebada.

Se llevó a cabo el análisis bromatológico por el método Kjeldahl, de los componentes del sustrato para la producción hongos (paja de cebada y vaina de mezquite), con el fin de conocer la cantidad de proteína y por consiguiente de Nitrógeno de cada material. Dicho análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis

de Alimentos del Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. Para establecer la relación Carbono/Nitrógeno, también se determinó el Carbono Orgánico de los materiales, éste se obtuvo por el Método de Calcinación y fue realizado en el Laboratorio Central Universitario del Departamento de Suelos de la misma institución

4.2.3. Diseño de tratamientos

Para el experimento se plantearon cinco tratamientos, los primeros cuatro fueron adicionados con harina de vaina de mezquite y el quinto fue el testigo como se muestra a continuación:

Relación C/N del sustrato

- **T1.** 25 (350g).
- **T2.** 30 (230g).
- **T3.** 40 (120g).
- **T4.** 50 (60g).
- **T5. 7**4.4 (0g, Testigo).

La cantidad mostrada entre paréntesis corresponde a la cantidad en gramos de harina de mezquite presente en el sustrato. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones; la unidad muestral fueron bolsas llenadas con 4kg de paja humedecida al 75% (500g de paja en base seca) más la cantidad de harina de mezquite indicada para el tratamiento. El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar (Figura 24)

	Tratamientos				
Bloque 1	4	1	3	5	2
Bloque 2	3	1	2	4	5
Bloque 3	2	5	4	1	3
Bloque 4	5	2	4	3	1
Bloque 5	2	1	3	4	5

Figura 24. Distribución de tratamientos y bloques en el experimento.

4.2.4. Acondicionamiento del Módulo de producción.

Para el establecimiento del experimento se emplearon instalaciones rústicas de producción de hongo, las cuales en la región son utilizadas construcciones de cemento y tabique con terminados rústicos y techados con lamina de asbesto.

Para evitar contaminaciones estos invernaderos rústicos son lavados con agua a presión y encalados con un preparado de agua con cal [$Ca(OH)_2$], y trozos de nopal como adherente; la estantería y rejillas también son lavadas y desinfectadas para evitar cualquier tipo de contaminación.

El módulo de producción de este experimento con las características antes descritas se ubica en el barrio de Santa Ana Nextlalpan y pertenece al Señor René Cortés y la Señora Socorro Ordoñez, quienes han venido cultivando hongo seta a pequeña escala desde hace casi 2 años.

Estas instalaciones estaban en deshuso y fueron acondicionadas para el cultivo, miden 2.5m de ancho y 7m de largo. Está ubicado con exposición sureste y tiene ventanales a sur y al oeste, los cuales son cubiertos con mantas durante el periodo de incubación para mantenerlo en penumbra y las ventanas son abiertas y colocados mosquiteros, por lapsos cortos en el ciclo de fructificación para disipar el exceso de CO_2.

A la construcción se le dio el manejo adecuado de limpieza y acondicionamiento para realizar el experimento y darle las condiciones adecuadas al cultivo. Este proceso de acondicionamiento se observa en la figura 19.

Figura 19. a) Módulo de producción; b) limpieza con agua; c) preparado de agua con cal y nopal y d) encalado de paredes y estantería.

4.2.5. Implantación del experimento

4.2.5.1. Esterilización del sustrato.

La paja de cebada utilizada para el experimento fue obtenida con productores de la región y corresponde al ciclo de siembra de primavera-verano de 2010, esta fue de calidad, es decir no estaba invadida por hongos y su contenido de humedad era bajo.

La paja fue encostalada en sacos de malla y remojada en agua con 2% de cal [$Ca(OH)_2$], un día antes por un lapso de 24hrs.

Al día siguiente se dejó escurrir la paja antes de pasteurizarla, los costales fueron colocados en un tambo de metal con capacidad de 200l y fue llenado de agua hasta cubrirlos. El agua se calentó a una temperatura de 85ºC y se mantuvo así por un lapso de 1hora; además el tambo fue tapado con un plástico negro para conservar el calor.

Posteriormente los costales fueron introducidos en una tina con agua fría con la finalidad de que mediante el choque térmico los patógenos termófilos fueran eliminados. El proceso de esterilización del sustrato se observa en la figura 20.

Figura 20. a) Llenado de costales con paja; b) apilado de costales en el tambo metálico y llenado de agua; c) tratamiento térmico y d) choque térmico con agua fría.

4.2.5.2. Siembra.

Posteriormente a la esterilización del sustrato, éste se dejó escurrir en una mesa para eliminar el exceso de humedad, extendiéndolo a lo largo de la misma, quedando a una humedad de entre 75 y 80% como lo reporta la literatura. Para asegurar la inocuidad del sustrato se espolvoreo un poco de cal y se revolvió con la mano para distribuirla uniformemente (fig. 21a).

Las bosas utilizadas fueron de 4kg de capacidad, con dimensiones de 30x45cm, se les roció un poco de agua clorada con un atomizador para esterilizarlas (fig. 21b).

Figura 21. a) aplicación de cal al sustrato y b) rociado de bolsas con agua clorada.

El sustrato de cada unidad muestral fue pesado y mezclado con la cantidad de harina de vaina de mezquite correspondiente y la bolsa fue llenada a mano (cubiertas con guantes de látex), combinándola uniformemente durante este proceso con el micelio, y cuidando que no quedaran demasiados espacios porosos, esto se logro compactando la bolsa continuamente cada vez que el sustrato alcanzaba unos 10cm de altura de la bolsa (fig. 22).

El micelio empleado en el experimento crecido en granos de sorgo, fue semilla comercial adquirida en el municipio de Tecámac, México.

Figura 22. a) Pesado del sustrato; b) pesado de harina de vaina de mezquite; c) micelio y d) siembra en el sustrato.

Al final la bolsa fue cerrada anudándola de la boca y amarrada con rafia, también fue identificada mediante una clave que indicaba su número de bloque y tratamiento (fig. 23).

Figura 23. a) Cerrado de bolsas y b) identificación de las mismas.

4.2.6. Toma de Datos y Análisis de Resultados.

Desarrollo el cultivo. Se observó el comportamiento del cultivo durante todo su periodo de crecimiento, registrándose así los siguientes indicadores:

- Número de días transcurridos para la colonización del micelio en el sustrato.
- Días transcurridos para la aparición de los primordios
- Días transcurridos para la primera cosecha.
- Duración total del ciclo productivo (desde la siembra hasta el último día de corte).
- Producción total de setas en peso fresco

Eficiencia Biológica. Utilizando el peso fresco de la producción se comparó el efecto de la adición de la harina de vaina de mezquite, usando como parámetro de referencia la producción del testigo. Usando la misma información determino la Eficiencia Biológica (EB), del cultivo la cual se calcula de la siguiente forma:

$$\textbf{EB}= \frac{\text{Peso de Setas Frescas}}{\text{Peso de Sustrato en Base Seca}} \times 100$$

Esta metodología es mencionada en diferentes trabajos como de León-Monzón *et al*. (2004), *Bernabé-González et al*. (2004), Guarín y Ramírez (2004), Bernabé-González y Cayetano-Catarino (2009), etc.

Tasa de producción. Con los datos de Duración del Ciclo Productivo y la información de la Eficiencia Biológica de los tratamientos también se determinó la Tasa de Producción (TP) mediante la siguiente fórmula:

$$\textbf{TP}= \frac{\text{Eficiencia Biológica}}{\text{Duración del Ciclo Productivo}}.$$

Este indicador es mencionado como comparativo en un estudio de varias mezclas de sustratos en la producción de *Pleurotus pulmonaris* realizado por Bernabé-González *et al*. (2004) y Bernabé- González y Cayetano-Catarino (2009).

Determinación de la humedad y cantidad de proteína. Con muestras de hongo fresco de cada tratamiento se determino la humedad y la cantidad de proteína del producto por el método Kjeldahl. Estos análisis se llevaron a cabo en el Ingeniería Agroindustrial de la UACh. Los resultados fueron comparados en base a los datos registrados para el testigo.

Estos datos permitieron establecer si la adición de la harina de vaina de mezquite en el sustrato, además de tener efectos sobre la producción, actuaba sobre la calidad del producto.

4.3. Diseño experimental

La fórmula para referir la efectividad de los tratamientos será la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta de la j-ésima unidad experimental con el tratamiento i-ésimo.

μ = Media.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental.

4.4. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos, se llevó a cabo análisis de varianza y separación de medias según Tukey (α= 0.05) para evaluar los utilizando el programa SAS para microcomputadora, versión 8 (SAS Institute, 1997).

4.5. Indicadores socioeconómicos

En este respecto se visitaron algunos de los módulos de producción dentro de municipio; todos ellos bajo producción a pequeña escala y con fines de autoconsumo y en menor media para la venta.

Se observó la metodología empleada en el proceso de producción y se expusieron de forma recíproca inquietudes acerca de las impresiones acerca del dicho proceso, sus alcances y la adaptabilidad de tecnología para su mejoramiento.

En este sentido se observó que una de los puntos medulares para el éxito de estas unidades de producción es el autoabastecimiento de micelio, como materia prima fundamental y cuyo costo es uno de los más impactantes en la producción.

En base a ello se realizó un estudio de factibilidad económica para la instalación de un pequeño laboratorio de producción de micelio para el autoabastecimiento de micelio para la producción de hongo seta y para la venta de micelio a otros productores.

Este estudio se llevó a cabo en base a las reglas de operación 2011 para el Financiamiento para Abrir o Ampliar un Negocio, del Fondo Nacional para las Empresas en Solidaridad (FONAES), fue elaborado para la participación de un grupo social conformado por cuatro mujeres en el poblado de San Miguel Xaltocan Nextlalpan, denominado productoras de Hongo Tlaliyatl (PHT) y se tomo como

participación económica de las integrantes, la propiedad (terreno y construcciones), de una de ellas quedando como comodante del grupo.

En este estudio se determinan los indicadores de rentabilidad financiera necesarios para la elaboración de un estudio de factibilidad mediante la proyección de estados financieros, y tiene como objetivo a mediano plazo concursar para la obtención del crédito. Se determinaron los principales indicadores financieros, los cuales se mencionan a continuación:

- **VAN** (Valor Actual Neto)
- **TIR** (Tasa Interna de Rentabilidad)
- **B/C** (relación Beneficio/Costo)
- **Punto de Equilibrio.**

En base a los resultados se determino el posible impacto social de proyecto y las perspectivas de la inversión.

De acuerdo con estos resultados y a la información recabada en campo, se mencionarán algunas alternativas para la comercialización del producto a nivel comercial dentro y fuera del municipio.

5. RESULTADOS

5.1. Composición bromatológica y contenido de Carbono de la vaina de mezquite y de la paja de cebada.

Para balancear la relación C/N del sustrato fue necesario conocer el contenido de cada uno de estos elementos tanto en la harina de vaina de mezquite y en la paja de cebada. Adicionalmente, se obtuvieron otros datos mediante el análisis bromatológico de los materiales como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Composición bromatológica del sustrato

Muestra	Proteínas (Nx6.25)	Grasa Cruda	Ceniza	Fibra Cruda	Carbohidratos Totales	Total
Vaina de mezquite	22.03	2.68	2.59	33.63	39.07	100
Paja de Cebada	3.64	2.21	10.99	52.64	30.52	100

Con esta información podemos apreciar la alta calidad que tiene la harina de vaina de mezquite al aportar 3.32% de Nitrógeno (22.03% de proteína). El dato reportado por el Laboratorio Central de Suelos de la UACh en cuanto a la cantidad de Carbono de este materia fue de 47.95%, con lo cual se determino su relación C/N en 14.44.

Por su parte la paja de cebada reportó una cantidad de Nitrógeno de 0.58% (3.64% de proteína) y un contenido de Carbono de 43.35, obteniéndose una relación C/N de 74.45. Cabe destacar que el contenido de Nitrógeno de la paja fue superior al reportado por otros autores como Hernández *et al*. (1994) quien en un estudio de paja de cebada para nutrición animal reporta un contenido de Nitrógeno de 0.42% (2.63% de proteína), lo cual implica una buena calidad de la paja de cebada de la región.

5.2. Número de días transcurridos para la colonización del micelio en el sustrato

Esta etapa, la de incubación de micelio, no mostró problemas por contaminación por patógenos y en general no se mostraron variaciones significativas entre los tratamientos.

Así se registró una cobertura total del sustrato por parte del micelio entre los 13 y los 16 días, cercano pero igual al reportado por de León-Monzón *et al*. (2004), quien mencionó en su estudio que esta etapa se sucedió de los 11 a los 15 días.

5.3. Días transcurridos para la aparición de los primordios

A partir del día de siembra se cumplieron entre 26 y 29 días para la aparición de los primordios, siendo un par de repeticiones del tratamiento 3 las que más tardaron, sin embargo esto no represento una diferencia significativa entre los tratamientos ya que en general todas las repeticiones de los tratamientos mostraron el mismo comportamiento.

Estos resultados son similares a los reportados por Guarín y Ramírez (2004), quienes hablan de un periodo de aparición de primordios de los 26 a los 28 días. Otras fuentes como Bermúdez *et al*. (2001) reporta en sus pruebas de sustratos para *Pleurotus ostreatus* sp florida un periodo de 11 a 30 días; Bernabé-González *et al*. (2004), menciona que en diferentes sustratos, la aparición de primordios para *P. pulmonaris* fue de los 18 a los 30 días

5.4. Días transcurridos para la primera cosecha.

La primera cosecha se llevo a cabo entre los 32 y 35 días, los hongos se cortaron entre 6 y 8 días después de la aparición de los primordios; estos fueron de color blanco a blanco grisáceo, la estructura turgente y consistente, y de buena apariencia estética (fig. 25).

Figura 25. Cuerpos fructiferos

Cabe mencionar que la primera cosecha fue la más importante del ciclo productivo como se mencionará más adelante

5.5. Duración total del ciclo productivo.

El ciclo productivo tuvo una duración de entre 68 y 70 días a partir la siembra hasta la última cosecha, estas fueron cuatro en casi todos los tratamientos como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Comportamiento de la producción

Tratamiento/ Cosecha (%)	1ª	2ª	3ª	4ª	TOTAL (%)
T1	63.11	9.74	18.10	9.05	100
T2	50.35	29.56	14.32	5.77	100
T3	64.55	0.00	29.76	5.69	100
T4	53.74	19.50	17.69	9.07	100
T5	60.77	20.00	10.77	8.46	100

Como se observa la primer cosecha fue la más importante en todos los tratamientos, de entre 50 y 64% en términos generales; seguida por la segunda cosecha que fue de 19 al 30% en los tratamientos dos, cuatro y cinco, y de cerca del 10% en el tratamiento uno; esta recolección se llevó a cabo a partir del día 45, es decir, 13 días después de la primer cosecha. Una mención importante la tiene

el tratamiento tres, del cual no se cosecho en este periodo de recolección y no fue sino hasta el día 58, 25 días después del primer corte (tercer cosecha en todos los otros tratamientos), cuando se repitió esta actividad, la cual represento casi el 30% de la producción total del tratamiento.

En los tratamientos uno, dos, cuatro y cinco el tercer corte fue del siete al 18% de la producción; el último corte re realizó a partir del día 68 y fue el menos representativo en todos los tratamientos excepto en el tratamiento. El comportamiento productivo se observa en la figura 26.

El periodo total de producción va acorde con lo reportado por la literatura como por ejemplo Bernabé-González *et al*. (2004), de 45 a 66 días y Bernabé-González y Cayetano-Catarino (2009) donde el ciclo fue de entre 58 y 68 días, esto tomando en cuenta que en dichos trabajos se efectuaron sólo tres cosechas

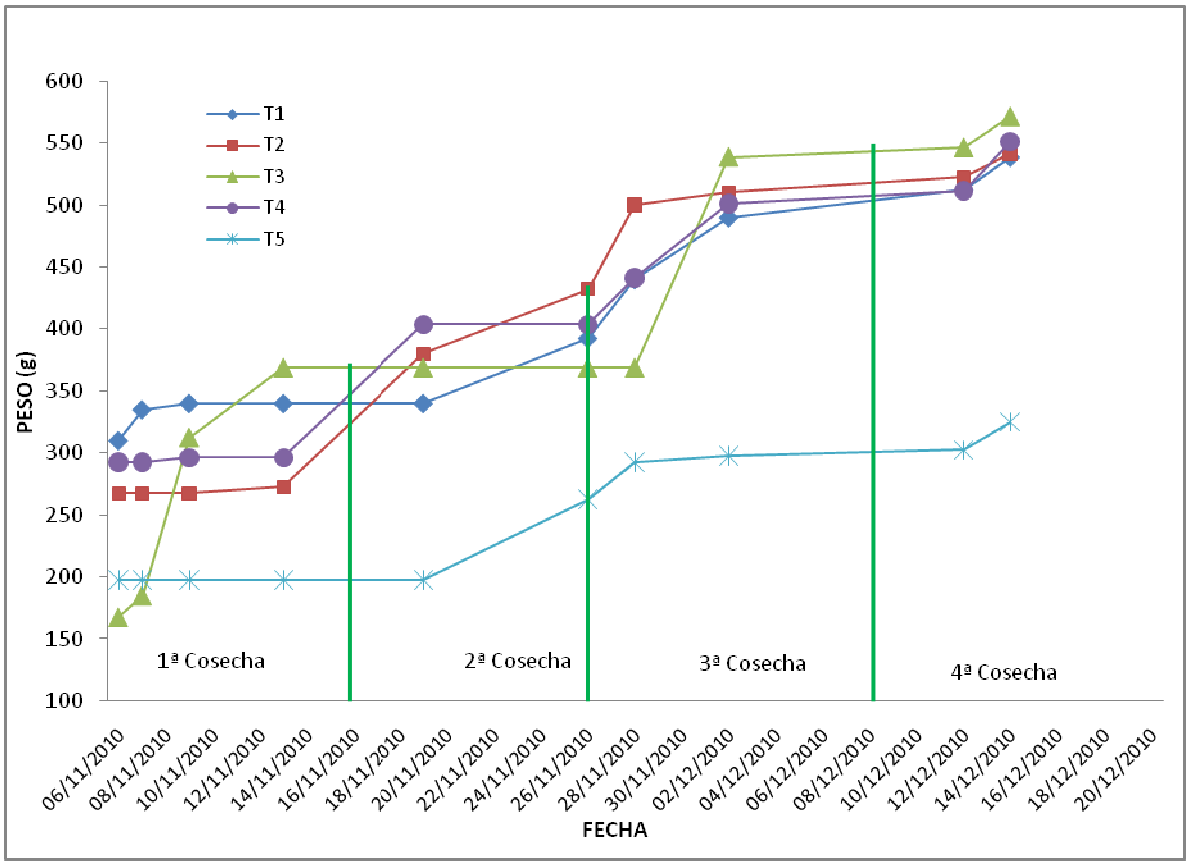


Figura 26. Comportamiento de la producción.

5.6. Producción total de setas en peso fresco

Al balancear la relación C/N en el sustrato mediante la adición de la harina de vaina de mezquite se observó un aumento sustancial en la producción de los todos los tratamientos como se observa a continuación:

Cuadro 5. Comportamiento productivo en base a la relación C/N.

	Cosecha (g y %)				
Tratamiento C/N	1ª	2ª	3ª	4ª	TOTAL
T1 25	340 (63.11)	52.5 (9.74)	97.5 (18.10)	48.75 (9.05)	538.75 (100)
T2 30	272.5 (50.35)	160 (29.56)	77.5 (14.32)	31.25 (5.77)	541.25 (100)
T3 40	368.75 (64.55)	0 (0.00)	170 (29.76)	32.5 (5.69)	571.25 (100)
T4 50	296.25 (53.74)	107.5 (19.50)	97.5 (17.69)	50 (9.07)	551.25 (100)
T5 74.4	197.5 (60.77)	65 (20.00)	35 (10.77)	27.5 (8.46)	325 (100)

Este aumento fue de hasta 246g comparando el testigo con el tratamiento cuatro, comparativamente podemos apreciar esta tendencia por medio del siguiente cuadro:

Cuadro 6. Variación de la producción en base al coeficiente C/N.

TRATAMIENTO	C/N	Producción (g)	Producción (%)
T1	25	538.75**a**	165.8**a**
T2	30	541.25**a**	166.5**a**
T3	40	571.25**a**	175.8**a**
T4	50	551.25**a**	169.6**a**
T5	74.4	325**b**	100.0**b**

*Filas con letra diferente en una misma columna, indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (α= 0.05).

Para referir la producción se utilizó como base (100% de producción) al testigo, observándose así un incremento de hasta el 75% en el tratamiento tres. Con esto se observa un incremento sustancial en la producción de hongo seta mediante la adición de vaina de mezquite, por ejemplo Arellano (2000) reportó un rendimiento

promedio de 554.16g de setas frescas en bolsas de 2kg de peso seco de sustrato de cebada, es decir casi 57% menos que el testigo en este experimento

5.7. Eficiencia Biológica

Este dato permitió identificar diferencias significativas entre los tratamientos, las cuales no fueron tan evidentes al comparar la producción en peso húmedo de los tratamientos, esto se debe a que a pesar de que la cantidad de paja es la misma en todos los tratamientos, el peso total del sustrato fue diferente debido a la adición de la harina de vaina de mezquite, observándose las siguientes tendencias:

Cuadro 7. Eficiencia Biológica de los tratamientos en el experimento.

Tratamiento	C/N	Peso Sustrato Seco (g)	Producción Peso Húmedo (g)	Eficiencia Biológica
T1	25	850	539	63.38**c**
T2	30	730	541	74.14**b**
T3	40	620	571	92.14**a**
T4	50	560	551	98.44**ª**
T5	74.4	500	325	65.00**c**

*Filas con letra diferente en una misma columna, indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (α= 0.05).

Mediante estos datos y su análisis es posible diferenciar que a pesar del aumento de la producción a partir del tratamiento cuatro a uno, la eficiencia biológica fue disminuyendo a pesar de que la producción fue mayor con respecto al testigo.

Esta tendencia se observa de forma clara en la figura 27 donde se aprecia una curva cóncava de la producción. Dicha tendencia nos permite apreciar un rango que se puede estandarizar para suplementar el sustrato con harina de vaina de mezquite para que esta sea eficiente dentro de la producción.

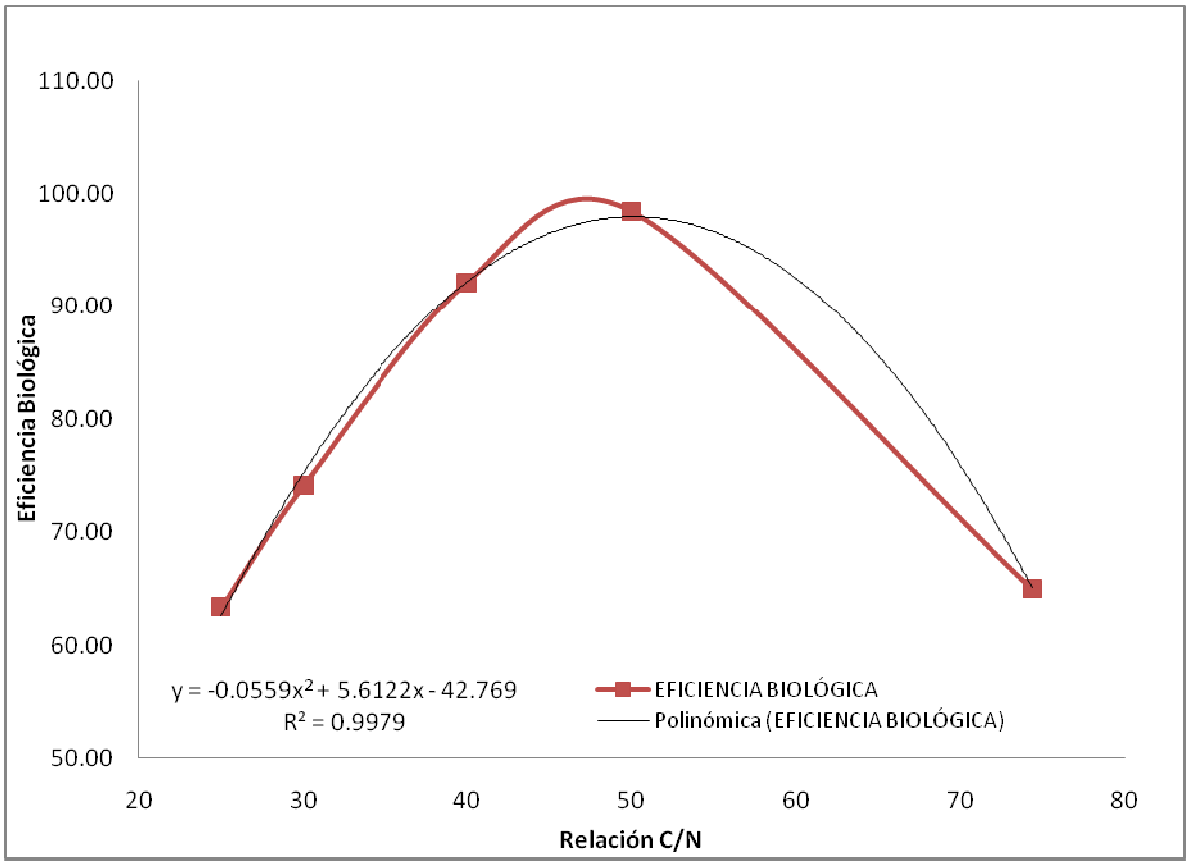


Figura 27. Eficiencia biológica en relación al coeficiente C/N.

Mediante este grafico podemos observar que la mayor Eficiencia Biológica en este experimento estuvo entre los tratamientos tres y cuatro, los cuales corresponden a una relación C/N entre 40 y 50, observándose a los extremos de este rango un decremento en la misma.

El modelo nos permite observar que este rango es el óptimo para los materiales empleados en el sustrato y que rebasando los niveles de suplementación con harina, esta resulta en un decremento de la eficiencia del proceso.

También es posible observar un parámetro definido entre la producción y la Eficiencia Biológica, en el cual ambos presentan sus mayores niveles, como se puede ver a continuación (fig. 28):

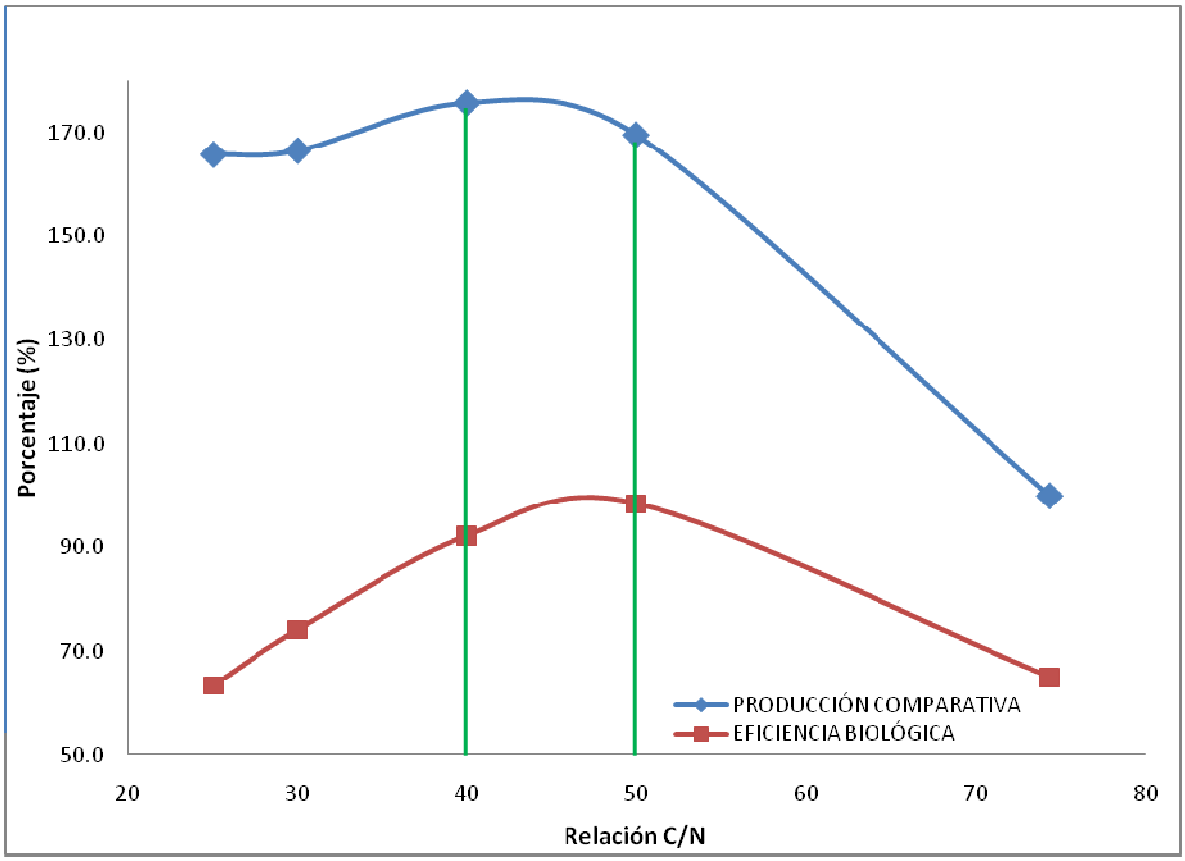


Figura 28. Eficiencia biológica y producción comparativa en el experimento.

De esta forma es posible apreciar que la mayor producción localizada entre la relación C/N 40 y 50, es la más eficiente en términos biológicos, lo cual implica la optimización en el uso de los recursos, esto es muy importante para evitar la sobre-suplementación del sustrato y por tanto el desperdicio de la harina de vaina de mezquite.

Salmones *et al*., (1995) y Pérez y Mata (2005) obtuvieron una Eficiencia Biológica de 59 y 73% respectivamente al cultivar *P. ostreatus* en paja de cebada. Por su parte Sánchez (2001), reportó una EB de 78.7% sobre la madera de vid atribuida a

su relación C/N de 88.5, así como su contenido de azúcares totales (231 $mg.g^{-1}$), fenoles (47 $\mu g.g^{-1}$) y fibra detergente neutra (80 %). Estos resultados se sitúan por debajo de los encontrados en el experimento.

Un resultado muy similar a los mejores en este experimento fueron reportados por Fan *et al*., (2006) usando cascarilla de café en la producción de *P. ostreatus*, alcanzando una Eficiencia Biológica de 96.5% y ligeramente inferiores a los que menciona Martínez-Carrera *et al*. (1985) con una mezcla de pulpa de café fermentada y paja de cebada, obteniendo una EB de 102.68%

Otros autores como Mande *et al*., (2006) encontraron EB superiores cultivando la misma especie en desechos tales como papel de oficina (112.4%), cartón (117.5%), cercanos a los aquí presentados, fibras naturales (95.3%) e inferiores en aserrín (59.6%).

Isikhuemhen y Mikiashvilli (2009), usaron residuos sólidos biodregradados con *P. ostreatus*, los cuales aportaron 3.1% al sustrato (paja de trigo) de dicha combinación el coeficiente C/N fue de 13 a 96 y la EB fue creciente desde cero para C/N 13, hasta 54.6% en C/N 96. Sin embargo al adicionar a esta misma mezcla grano de sorgo la EB aumento, reportando los mejores resultados de 95.8 y 93.2% para relaciones C/N de 72 y 81 respectivamente. Los autores no atribuyen estas diferencias a coeficiente C/N, sino al aumento de hemicelulosa sobre la celulosa en el sustrato.

En 2004 de León-Monzón *et al*., realizó estudios en unidades de producción rural en Chiapas y encontró EB promedio de 67.7%, cuyos sustratos (mezcla de olote con rastrojo de maíz), fueron analizados posteriores a la cosecha encontrándose una relación C/N promedio de 37.6%. Cabe señalar que estos resultados son similares a los encontrados en el testigo, además es muy importante resaltar que las condiciones de estas unidades de producción (rústicas y con bajo nivel de tecnificación), son similares a las de esta investigación.

En base a lo observado y a lo corroborado en la literatura se puede apreciar que la C/N a pesar de ser uno de los factores que intervienen en la productividad y eficiencia del cultivo no es determinante, como se observa también en el trabajo de Rizki y Tamai (2010), donde al suplementar con sustratos ricos en nitrógeno (troncos y fronda de palma de aceite), mientras que en algunas combinaciones diferentes sustratos se reportaron EB mayores que le testigo, en otras disminuyo, a pesar de los bajos coeficientes de C/N

5.8. Tasa de producción

Los resultados encontrados en el experimento para la tasa de producción tienen un comportamiento similar a los indicadores mencionados anteriormente, observándose los mejores resultaos en los tratamientos cuatro y tres como se observa a continuación:

Cuadro 8. Tasa de producción por tratamiento.

Tratamiento	C/N	Eficiencia Biológica	Ciclo de Producción (días)	Tasa de Producción
T1	25	63.38c	70	0.91d
T2	30	74.14b	69	1.07c
T3	40	92.14a	70	1.32b
T4	50	98.44a	70	1.41a
T5	74.4	65.00c	68	0.96d

*Filas con letra diferente en una misma columna, indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (α= 0.05).

Como se observa todos los tratamientos adicionados con harina de vaina de mezquite superan al testigo, a excepción del tratamiento uno el cual obtuvo un valor ligeramente menor a éste.

Los resultados obtenidos superan a los reportados por Gaitán-Hernández *et al*. (2009) quien cultivo *P. pulmonaris* en paja de cebada pasteurizada, donde tres de sus tratamientos son similares a los presentes, en un rango que va de 1.03 a 1.32, este último idéntico al tratamiento tres; pero todos ellos por debajo del tratamiento cuatro.

Sin embargo al contrastar estos datos con los reportados por *Bernabé-González et al*. (2004) también para *P. pulmonaris* en diferentes residuos agrícolas, sólo un par de sus tratamientos se encuentra por debajo de los aquí encontrados (0.73 y 0.80), mientras que todos los demás van de resultados similares a muy superiores en un rango de 0.92 a 3.41. No se pueden a hacer más aseveraciones entre este estudio y el propio pues en él sólo se menciona la factibilidad de usar los sustratos probados y no se hicieron pruebas para determinar las cualidades del sustrato.

Al comparar los datos reportados por García *et al.* (2006), quien cultivo diferentes cepas de *P. ostreatus* bajo condiciones controladas en pulpa de café, las tasa de producción aumentaron considerablemente de acuerdo a la cepa empleada, tomando valores 0.62 a 3.41.

5.9. Análisis de contenido de humedad y proteína

Estos datos fueron reportados por el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial con muestras de cada tratamiento. Para el caso de la humedad se encontraron contenidos de 90.11% hasta 93.1%, y la proteína varió de 34.45 a 44.2% en base seca, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 9. Contenido de humedad y proteína por tratamiento

Tratamiento	C/N	Humedad	Proteína Base Húmeda	Proteína Base Seca	Producción
			%		
T1	25	90.11**c**	3.51**b**	35.49**d**	165.8
T2	30	90.82**b**	3.61**a**	39.32**c**	166.5
T3	40	93.10**a**	3.05**c**	44.20**a**	175.8
T4	50	93.02**a**	3.01**c**	43.12**b**	169.6
T5	74.4	91.61**b**	2.89**d**	34.45**e**	100.0

*Filas con letra diferente en una misma columna, indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (α= 0.05).

El contenido de humedad fue superior al reportado por Chang y Miles (1989) y es similar al reportado por la literatura 90% de humedad (Gómez *et al*., 1985) con un aumento de hasta 3.1% en el tratamiento 3, lo cual indica un aumento en la

producción que se vería directamente reflejado en los ingresos al venderse el producto fresco.

El contenido de humedad tuvo un comportamiento en forma de curva cóncava y decreció en los tratamientos dos y uno; esto se observa en la figura 29.

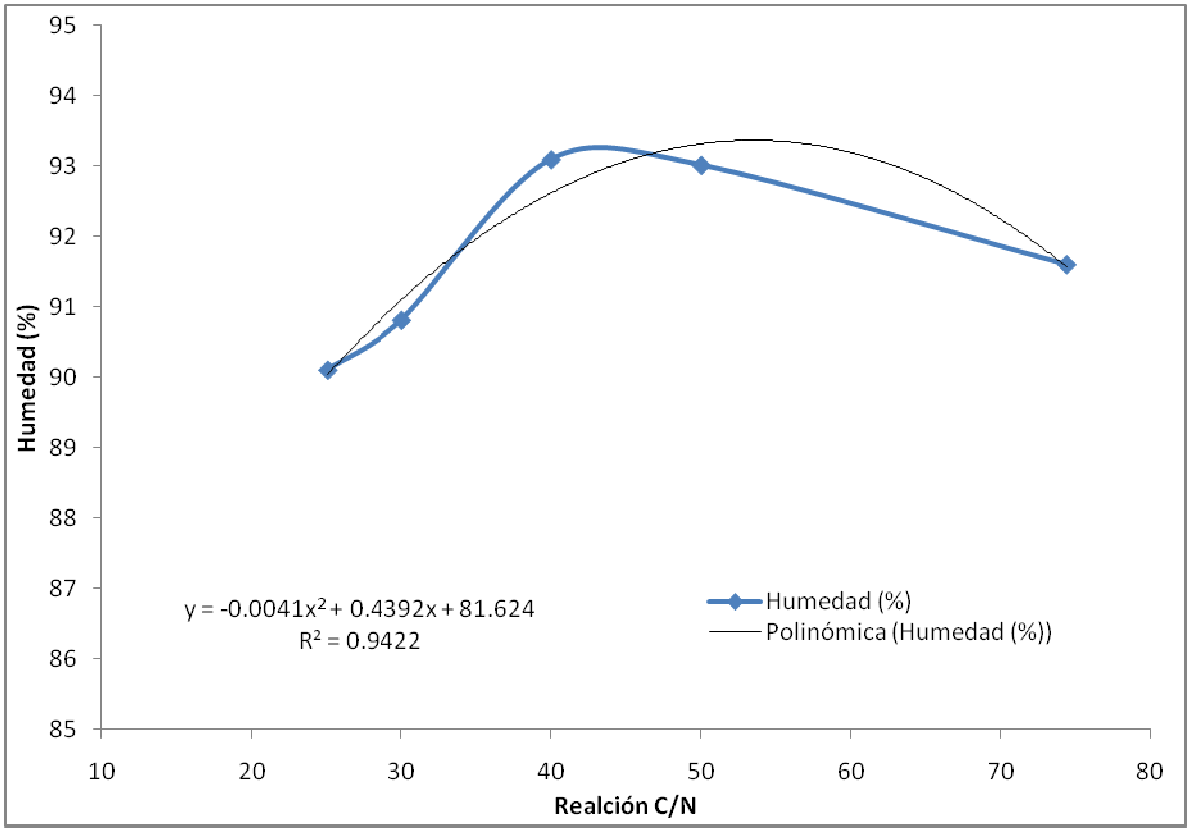


Figura 29. Cantidad de humedad presente en las setas.

Se observa en los tratamientos tres al cinco un mayor contenido de humedad en los cuerpos fructíferos lo cual puede interpretarse como un uso más eficiente del agua en el cultivo.

Para el caso de la proteína cabe destacar que todos los tratamientos adicionados con harina de vaina de mezquite incrementaron los niveles de proteína (base seca), en los cuerpos fructíferos del hongo. Además de ello se observó que la cantidad de proteína superó a la reportada por otras fuentes como Chang y Miles (1989) quienes encontraron el 10.1%, Duarte (1996) quien encontró 18.1% para setas cultivadas en paja de trigo, 24.65% en paja de trigo con coliflor y 29.6% en

paja de trigo con brócoli; Sánchez (1994) reporta 28.5%; Franco (1996) en diferentes sustratos encontró 29.99% en hoja de piña, 37.28 en combinación de hojas de aguacate y piña, y 37.28% en paja de trigo. Estos dos últimos datos estuvieron entre los rangos reportados para este experimento.

Por su parte Isikhuemhen y Mikiashvilli (2009), reportan resultados que van de 27.5 a 35.1% de proteína cruda en base seca, siendo su valor más alto apenas superior al testigo y ligeramente inferior al reportado para el tratamiento uno con un 35.49%.

En la figura 30 se observa la tendencia del contenido de proteína en base seca, observada en el experimento.

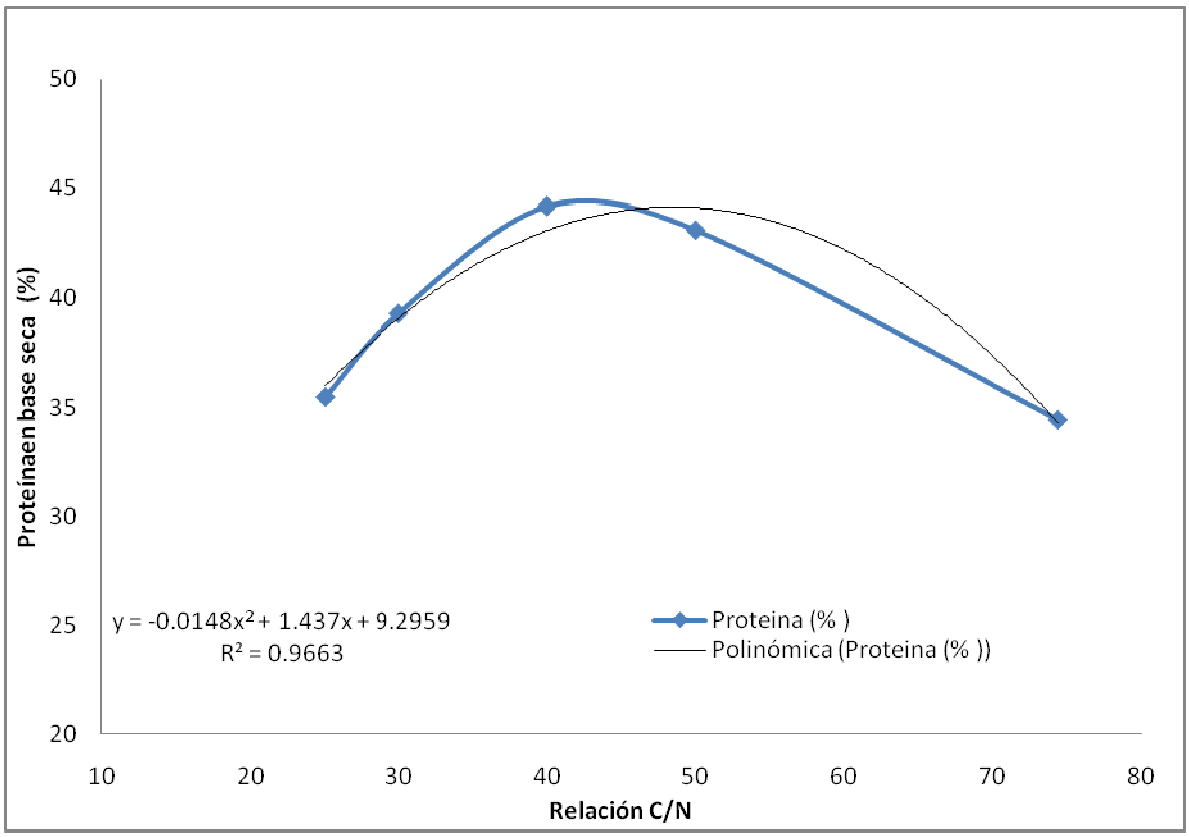


Figura 30. Contenido de proteína en base seca, en los tratamientos.

El aumento de proteína en el producto nos permite identificarlo como una fuente alimenticia de calidad para la población, de la cual puede obtener beneficios para su salud.

5.10. Aspectos socioeconómicos del la actividad

De acuerdo a lo observado en campo mediante las visitas realizadas a los módulos de producción en el municipio y a la comunicación con las productoras, pues todos los módulos están a cargo de mujeres se apreciaron los aspectos que se mencionan a continuación.

La actividad ha sido poco desarrollada en el municipio, todo inicio hace aproximadamente dos años cuando algunas personas recibieron capacitación por parte del DIF municipal para aprender el cultivo del hongo seta (fig. 31). Esta capacitación tuvo éxito y algunas de estas personas se vieron motivadas a inicial el cultivo en sus hogares utilizando instalaciones subutilizadas, como bodegas y cuartos de concreto rústicos abandonados.

Sin embargo se encontraron con ciertas dificultades técnicas para realizarlo, principalmente contaminación por parte de hongos competidores, debido a la falta de adecuación de las instalaciones usadas y el control de los factores físicos (temperatura, humedad, pH, etc.), no obstante en base a la experiencia fueron solucionando algunas de estas dificultades.

Figura 31. Capacitación para la producción de hongo seta.

En un principio, cuando los rendimientos del cultivo eran muy bajos, la producción se destinaba completamente a la alimentación familiar; cuando esta se vio incrementada, la producción excedente se empezó a vender principalmente entre familiares y vecino, de esta forma las mujeres productoras de hongo seta iniciaron a promover su consumo dentro del municipio, el cual hasta ese momento era prácticamente inexistente.

Sin embargo, en busca de incrementar los beneficios provenientes de los hongo seta, algunas mujeres se empezaron a organizar para promover eventos para la difusión del hongo seta, sus cualidades alimenticias y las distintas formas de incluirlo en la dieta diaria a través de diversos platillos que fueron elaborando de forma personal. Así se dio en septiembre del año de 2010 un expoventa de alimentos a base de hongo seta en la cabecera municipal, además de también presentar sus productos en la expo agropecuaria dentro de la Feria de la mezclilla del municipio. (fig. 32).

Figura 32. Difusión para el consumo del hongo seta.

A pesar de estas actividades el consumo de hongo seta está aún muy poco difundido y por tal motivo su venta es poco constante, por lo que algunos productores han buscado atender otro tipo de nichos de mercado asociándose y, diferenciando el producto, esto a través de la elaboración de conservas, en este caso escabeches artesanales de muy buena calidad, figura 33.

Figura 33. Presentación de hongos en escabeche.

Sin embargo este esquema de comercialización no ha tenido el éxito deseado por falta de tecnificación en el proceso, así como por la falta de organización para planear su producción y que esta sea constante.

Otra obstáculo al que se enfrentan actualmente las personas que llevan a cabo la actividad es la dificultad de conseguir micelio de calidad para la producción de hongo seta, teniéndose que trasladar a otros municipios como el de Tecámac y a la Ciudad de México, en algunas ocasiones se obtiene micelio de baja calidad y por el contrario es muy caro cuando es de buena calidad

Por tal motivo se elaboró la evaluación financiera para un proyecto de inversión de un laboratorio de micelio para la producción comercial de hongo seta el cual se detalla en el siguiente apartado.

5.11. Análisis financiero

Tomando en cuenta las potencialidades de Grupo de Productoras de Hongo Seta Tlaliyatl, se planteó el proyecto de inversión para el equipamiento del laboratorio de micelio y producción comercial de setas, el cual se desglosa a continuación.

5.11.1. Presupuestos, programa de inversiones y fuentes de financiamiento.

El grupo cuenta con construcciones aptas para la producción de hongo seta y la instalación de un laboratorio de micelio, que resultan con un monto de $186,381^{00}$; pero no cuentan con el monto de la inversión, por lo que se plantea pedir el apoyo al programa de financiamiento para Abrir o Ampliar un Negocio de FONAES, para dicho rubro.

La Inversión Fija incluye la compra de equipo para un laboratorio de micelio con un precio de $124,000.00, se gestiona el apoyo a FONAES para la totalidad de este concepto. La inversión para los activos fijos y el capital de trabajo se observan en el cuadro 10.

En el caso del Capital de Trabajo, el cálculo de este apartado se empleo el método de Máximo Flujo Negativo Acumulado y se explica más adelante. El monto total encontrado fue de $15,850^{00}$.

Cuadro 10. Presupuesto de inversiones.

	Recursos FONAES	Recursos propios	Total proyecto
Inversión Fija			
Activos Fijos Tangibles	$124,000.00	$178,381.00	$302,381.00
Capital de Trabajo	$8,850.00	$7,000.00	$15,850.00
Total	$132,850.00	$185,381.00	$318,231.00
Porcentaje de Aportación	**42%**	**58%**	**100%**

La inversión va de acuerdo a las reglas de operación del programa el cual aporta hasta un 80% para grupos conformados por mujeres.

5.11.2. Programa de Inversiones

El programa de inversiones que se muestra en el cuadro 11, muestra la inversión necesaria para el equipamiento del laboratorio de micelio y la inversión del grupo de trabajo.

Cuadro 11. Plan de inversiones desglosado para el equipamiento del laboratorio de micelio.

	Concepto	**Aportación FONAES**
Cantidad	**Activos Fijos Tangibles**	**Costo**
1	Cámara de flujo laminar	$66,000^{00}$
1	Autoclave	$44,000^{00}$
1	Lámpara de rayos UV 15w	1500^{00}
1	bascula digital	$1,200^{00}$
20	Cajas de petri	500^{00}
2	Navaja	300^{00}
5	Pinzas de disección	500^{00}
2	Tijeras	100^{00}
3	Mecheros de alcohol	300^{00}
1	Refrigerador de 11 pies	$5,100^{00}$
1	Estantería	$1,500^{00}$
1	Mesa de trabajo	$1,000^{00}$
1	Empacadora	$5,000^{00}$
TOTAL		**$124,000^{00}$**

Activos Fijos Tangibles	**Aportación del grupo**
Concepto	**Costo**
Construcción	$149,133^{00}$
Terreno	$29,248^{00}$
TOTAL	**$178,381^{00}$**

CAPITAL DE TRABAJO

Concepto	**FONAES**	**Grupo**	**Aportación Total**
CAPITAL DE TRABAJO	8850^{00}	7000^{00}	$15,850^{00}$

El periodo estimado para la inversión de los recursos en los apartados mencionados es de un mes a partir de su entrega por parte del programa, es decir

si fuese en junio (como sucede comúnmente) del año corriente a la presentación del proyecto, se iniciaría en agosto del mismo.

Activos Fijos Tangibles. En este rubro se consideran la Maquinaria y Equipo necesarios para el equipamiento del laboratorio de micelio, el cual tiene un total de $124,000^{00}$, monto que fue desglosado anteriormente. La inversión de los socios corresponde al terreno y las construcciones con un valor total de $178,381^{00}$

Activos Fijos Intangibles. Los Activos Fijos Intangibles como la Elaboración del Proyecto, y la Imagen corporativa y permisos solo serán mencionados y no representaran costos ni afectaran el análisis financiero del proyecto, pues de acuerdo a los lineamientos del programa se pretende que el costo de la elaboración de proyecto sea reembolsado por parte de FONAES, el cual es de $6,000^{00}$ y este no impacta en el análisis financiero.

La inversión fija para el proyecto resultante del monto requerido para el equipamiento del laboratorio y la inversión de las socias es de un total de $302,381^{00}$

El total de la inversión requerida para el proyecto contabilizando la inversión fija y el capital de trabajo da un total de $318,231^{00}$, siendo el 58% de la inversión total aportado por el grupo de mujeres y el 42% por FONAES.

5.11.3. Capital de Trabajo

Para el cálculo de este apartado se empleo el método de Máximo Flujo Negativo Acumulado, el cual se muestra más adelante. Los ingresos y egresos corresponden a datos que fueron actualizados en la zona del estudio, considerando la adopción de la suplementación de harina de vaina de mezquite en el proceso, redituando en los rendimientos esperados para la producción.

- *Ingresos.*

Se estableció una producción de 500kg mensuales de hongo fresco y 150kg de micelio para venta, considerando que tras recibir el recurso en el mes de julio, debido a los periodos de producción para el micelio y los hongos, en el mes de agosto se estaría produciendo una quinta parte de la capacidad instalada para el hongo seta y el 90% del micelio, estabilizándose al siguiente mes. La producción esperada se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Producción de hongo fresco y micelio para venta esperada.

Producto	Mes											
Hongo seta	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
año 1	0	100	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
año 2	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
año 3	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Micelio												
año 1	0	135	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
año 2	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
año 3	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Los ingresos se tendrán de la venta de hongo seta, considerando que el producto se vendiera fresco a un precio de 35^{00} por kilogramo, a pesar de que en la región llega a un precio de hasta 45^{00} en la actualidad, pero se considera este para equipararlo al que se observó más frecuentemente. Además del autoabastecimiento se planea producir suficiente micelio con fines de venta, el cual podrá ser adquirido por otros productores en el municipio, vendiéndolo a un precio de 30^{00}, el cual es el precio a nivel comercial (costando hasta 45^{00}).

Los ingresos provenientes por estos dos productos se observan a en el cuadro 15, correspondientes primer año de producción y al segundo, variando un poco debido al tiempo requerido para la puesta en marcha del proyecto. A partir del año dos se plantea la producción y venta del producto sea constante en su volumen.

Cuadro 15. Ingresos económicos por venta de productos.

CONCEPTO	AÑO 1												
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
Venta de Hongo	$ -	$3,500	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$143,500
Venta de Micelio	$ -	$4,028	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$49,500
TOTAL	$ -	$7,528	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$193,000
	AÑO 2												
Venta de Hongo	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$14,000	$168,000
Venta de Micelio	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$4,500	$54,000
TOTAL	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$18,500	$222,000

Dichos ingresos se establecieron considerando que se vendiera el 100% de productos vendidos establecido en el programa de producción. También debemos considerar que el consumo hongo por parte las familias de las productoras es un beneficio económico al impactar en el rendimiento del gasto familiar y que además contribuye a mantener una dieta sana debido a las cualidades nutricionales del los hongos ya antes expuestas.

- *Egresos*

Se consideraron todos los costos provenientes del proceso productivo, así como los gastos derivados de la producción y comercialización de los productos del grupo.

Los Costos Variables, entendidos como parte de los egresos que varían al cambiar el volumen de producción contemplan los insumos necesarios para la producción y procesamiento del hongo seta y del micelio: sustratos, medios de cultivo, material de laboratorio, empaques etc. También incluyen el costo de la mano de obra en el área de producción; sin embargo, dado que los Gastos Generales se originan por concepto de administrar la empresa e incluye salarios del personal, administrativo, compras, ventas y gastos de investigación y desarrollo, y que las integrantes del grupo llevarán a cabo las diferentes actividades correspondientes a la producción y comercialización, sus salarios se incluyeron dentro de los gastos generales

Dentro de los gastos generales también se consideraron los provenientes del transporte y la renta de la línea telefónica necesaria para recibir pedidos de mercancía

Para el caso de los salarios se contempla el pago del Salario Mínimo general para la zona A, el cual es de cerca de $60^{00,}$ cerrándolo en esta cantidad para fines del estudio. Esto considerando que el tiempo requerido para las actividades propias de la empresa es de cuatro horas diarias.

Cuadro 12. Determinación del Capital de trabajo.

CONCEPTO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Agua	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100	$100
Luz	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200	$200
Transporte	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800	$800
Teléfono	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350	$350
Salarios	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200	$7,200
Pacas de cebada	$700	$700	$700	$700	$700	$700	$700	$700	$700	$700	$700	$700
Micelio	$750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cal	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35
Gas	$535	$535	$535	$535	$535	$535	$535	$535	$535	$535	$535	$535
Bolsas de polietilento	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500
Empaques	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500	$500
Grano de sorgo	$285	$285	$285	$285	$285	$285	$285	$285	$285	$285	$285	$285
Medio de cultivo PDA	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20
Papel estraza	$6	$6	$6	$6	$6	$6	$6	$6	$6	$6	$6	$6
Bolsas	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35	$35
Alcohol 96	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20	$20
C. adhesiva	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5	$7.5
Cloro	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10
Yodo	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10
Guantes	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10	$10
Cubre Pelo	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5
Cubre Boca	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5	$5
Agua Destilada	$15	$15	$15	$15	$15	$15	$15	$15	$15	$15	$15	$15

COSTO TOTAL	$12,063.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50	$11,313.50
Hongo Seta	$ -	$3,500.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00	$14,000.00
Micelio	$ -	$4,028.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00	$4,500.00
INGRESO TOTAL	$ -	$7,528.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00	$18,500.00
Utilidad	$12,063.50	$3,786.00	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50	$7,186.50
Utilidad acumulada	$12,063.50	$15,850.00	$8,190.50	$1,004.00	$6,182.50	$13,369.00	$20,555.50	$27,742.00	$34,928.50	$42,115.00	$49,301.50	$56,488.00

En el cuadro se observa que para echar a andar el proyecto es necesario comprar el primer mes el micelio necesario para la producción de hongo, en lo que se elabora el propio en el laboratorio de micelio a instalar; los insumos de este están igualmente desglosados, donde se contemplan todos los gastos de la empresa.

Como se observa los primeros cuatro meses aparecen los números en rojo hasta que el funcionamiento de la empresa se estabiliza; el capital de trabajo total, atendiendo el valor negativo más alto acumulado (máximo flujo negativo) es de 15850^{00}, se contempla en la solicitud de financiamiento un apoyo para el capital de trabajo, por un monto de 8850^{00} por parte del programa y 7000^{00} serán aportados por las integrantes del grupo, esto también atendiendo a las reglas de operación del programa.

- *Depreciación y amortización*

Se calculó la depreciación de los Costos Fijos de Inversión, es decir del material y equipo que se adquiriría con el financiamiento del programa, esto se hace en base a la disminución del valor de estos activos productivos por su uso. Esto se muestra en el cuadro 13.

La amortización de los activos fijos como las construcciones no se contempló debido a que no se cuenta con la información necesaria, para estimar su duración

bajo el presente esquema productivo, ya que no son construcciones que se hayan realizado con dicha finalidad, sino que fueron adaptadas para la producción de hongos mediante inversiones previas de las productoras, las cuales dan mantenimiento constante para su adecuado funcionamiento.

Cuadro 13. Depreciación de los activos productivos.

Concepto	Valor adquisición	Vida útil (años)	Depreciación anual	Valor recuperación	Reinversión*
Cámara de flujo laminar	$66,000^{00}$	10	$4,620^{00}$	$19,800^{00}$	$46,200^{00}$
Autoclave	$41,000^{00}$	10	$3,075^{00}$	$10,250^{00}$	$30,750^{00}$
Lámpara de rayos UV 15w	$1,500^{00}$	10	120^{00}	300^{00}	$1,200^{00}$
Bascula digital	$1,200^{00}$	10	96^{00}	240^{00}	960^{00}
Cajas de petri	500^{00}	5	75^{00}	125^{00}	375^{00}
Navaja	300^{00}	5	54^{00}	30^{00}	270^{00}
Pinzas de disección	500^{00}	5	90^{00}	50^{00}	450^{00}
Tijeras	100^{00}	5	15^{00}	25^{00}	75^{00}
Mecheros de alcohol	300^{00}	5	51^{00}	45^{00}	255^{00}
Refrigerador de 11 pies	$5,100^{00}$	10	357^{00}	$1,530^{00}$	$3,570^{00}$
Estantería	$1,500^{00}$	10	105^{00}	450^{00}	$1,050^{00}$
Mesa de trabajo	$1,000^{00}$	10	70^{00}	300^{00}	700^{00}
Empacadora	$5,000^{00}$	10	350^{00}	$1,500^{00}$	$3,500^{00}$
	Recuperación de capital		**$9,078^{00}$**	**Total**	**$89,355^{00}$**

* Reinversiones a 10 y 5 años de acuerdo a la vida útil.

La recuperación del capital impacta en los estados financieros como un saldo a favor, por ello la importancia de calcularla. Es necesario calcular este apartado pues comúnmente no se considera que este tipo de activos tienen un tiempo determinado de duración y que habrá que invertir tanto para dar mantenimiento como reemplazarlos en caso de ser necesario.

5.11.4. Reintegro del Monto de Financiamiento

En cuanto al financiamiento requerido, el cual se plantea solicitar a FONAES, para la compra de equipo para laboratorio de micelio de $132,850^{00}$, de ser aprobado tiene que ser reintegrado al programa en un periodo de 7 años; se considera también una tasa de interés del 7% el cual es el manejado actualmente para este tipo de capitales de inversión.

La capitalización y reintegro de dicho monto a FONAES se plantea que se lleve a cabo de la siguiente manera (cuadro 14).

Cuadro 14. Capitalización y reintegro del monto de financiamiento.

Año	Saldo inicial	Tasa de interés (%)	Interés	Abono principal	Pago total	Saldo final
1	$132,850^{00}$	7	$9,299^{00}$	$-	$9,299^{00}$	$132,850^{00}$
2	$132,850^{00}$	7	$9,299^{00}$	$22,142^{00}$	$31,441^{00}$	$110,708^{00}$
3	$110,708^{00}$	7	$7,749^{00}$	$22,142^{00}$	$29,891^{00}$	$88,567^{00}$
4	$88,567^{00}$	7	$6,199^{00}$	$22,142^{00}$	$28,341^{00}$	$66,425^{00}$
5	$66,425^{00}$	7	$4,649^{00}$	$22,142^{00}$	$26,791^{00}$	$44,283^{00}$
6	$44,283^{00}$	7	$3,099^{00}$	$22,142^{00}$	$25,241^{00}$	$22,142^{00}$
7	$22,142^{00}$	7	$1,549^{00}$	$22,142^{00}$	$23,691^{00}$	0^{00}

De esta forma en siete años se saldaría el monto del crédito requerido, considerando la tasa de interés del 7% y un año de gracia para iniciar los abonos a capital, esto quiere decir que en el primer año sólo se cubrirían los intereses requeridos.

El monto correspondiente al pago de intereses es considerado dentro de los gastos financieros, los cuales se ven reflejados en el estado de resultados, además conjuntamente con los gastos generales suman los gastos de ventas.

5.11.5. Análisis Financiero

Se entiende como el proceso de revisión contable de los flujos de recursos que se presentan en la empresa de tal forma que al aplicarlo se conoce la situación financiera de la empresa. Este análisis se elaboró el Estado de Resultados cuyo

objetivo es mostrar el valor de las utilidades netas que obtiene la empresa en cierto periodo de operación, en este caso el análisis es para cada año. Se llevó a cabo para un periodo de cinco años y se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Estado de resultados

Concepto	**Año**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Ingresos por ventas	$227,527^{00}	$263,0550^{00}	$263,055^{00}	$263,055^{00}	$263,055^{00}
Costo de producción	$90,600^{00}	$90,600^{00}	$90,600^{00}	$90,600^{00}	$90,600^{00}
Utilidad de Ventas	$171,367^{00}	$207,645^{00}	$207,645^{00}	$207,645^{00}	$207,645^{00}
Gastos de Ventas	$99,900^{00}	$99,900^{00}	$98,350^{00}	$96,800^{00}	$95,250^{00}
Gastos Generales	$56,160^{00}	$55,410^{00}	$55,410^{00}	$55,410^{00}	$55,410^{00}
Gastos Financieros	$9,299^{00}	$9,299^{00}	$7,749^{00}	$6,199^{00}	$4,649^{00}
Utilidades Netas	$71,468^{00}	$107,745^{00}	$109,295^{00}	$110,845^{00}	$112,395^{00}
Depreciación	$9,078^{00}	$9,078^{00}	$9,078^{00}	$9,078^{00}	$9,078^{00}
Capital de Endeudamiento	$80,546^{00}	$116,823^{00}	$118,373^{00}	$119,923^{00}	$121,473^{00}
Abono al Crédito.	$9,299^{00}	$31,441^{00}	$29,891^{00}	$28,341^{00}	$26,791^{00}
Saldo tras abonar	$71,246^{50}	$85,382^{33}	$88,482^{17}	$91,582^{00}	$94,681^{83}

Con el análisis del cuadro anterior, se concluye que la empresa no tiene problemas para el reintegro del apoyo de FONAES, ya que su capacidad de endeudamiento, es mayor a la que tiene que abonar en los periodos señalados.

Dado que las utilidades se empiezan a generar a partir del cuarto mes de la puesta en marcha del proyecto, el plazo en el que se recuperaría la inversión en base a su percepción, se llevaría a cabo a los tres años y tres meses.

5.11.6. Evaluación del Proyecto

Indicadores Financieros

A través de este proceso se obtuvieron los indicadores económico-financieros que nos permiten decidir si se ejecuta o no el proyecto, la evaluación del proyecto se hizo para 10 años de operación.

Cuadro 16. Evaluación con el criterio año cero

Año	Beneficios	Costos	FA	Ba	Ca	Ba-Ca
0	$	$318,230^{50}	1.00	$0.^{00}	$318,230^{00}	-$318,230^{00}
1	$236,605^{50}	$156,059^{50}	0.92	$216,895^{00}	$143,059^{00}	$73,836^{00}
2	$272,133^{00}	$155,309^{50}	0.84	$228,682^{00}	$130,511^{00}	$98,170^{00}
3	$272,133^{00}	$153,759^{58}	0.77	$209,632^{00}	$118,445^{00}	$91,186^{00}
4	$272,133^{00}	$152,209^{67}	0.71	$192,169^{00}	$107,484^{00}	$84,685^{00}
5	$272,133^{00}	$150,659^{75}	0.65	$176,161^{00}	$97,527^{00}	$78,633^{00}
6	$272,133^{00}	$149,109^{83}	0.59	$161,486^{00}	$88,483^{00}	$73,003^{00}
7	$272,133^{00}	$147,559^{92}	0.54	$148,033^{00}	$80,269^{00}	$67,764^{00}
8	$272,133^{00}	$146,010^{00}	0.50	$135,702^{00}	$72,809^{00}	$62,892^{00}
9	$272,133^{00}	$146,010^{00}	0.46	$124,397^{00}	$66,744^{00}	$57,653^{00}
10	$272,133^{00}	$146,010^{00}	0.42	$114,035^{00}	$61,184^{00}	$52,850^{00}
				$1,707,196^{00}	**$1,284,749^{00}**	**$422,446^{00}**

Del análisis de este cuadro se observa que el VAN a diez años es de $422,446^{00}$, este resultado es superior al reportado por Cruz (2003), quien con una inversión fija estimada de $282,000^{00}$, y un costo total de operación del primer años de vida del proyecto de $381,265^{20}$, obtuvo un VAN de $40,493^{98}$ calculado a un año de

operación, considerando que a los diez años se obtuviera un VAN de $404,9380. También se debe recalcar que este autor contempla en este proyecto sólo la producción y comercialización de hongo seta fresco (poco más de 8000kg anuales)y que la presente investigación incluyó el establecimiento de un laboratorio y producción de micelio para autoabastecimiento y venta.

La relación B/C calculada es de1.33, en este sentido se observa una ligera variación con el estudio de Cruz (2003) quien reportó un B/C de 1.37, aún así muy similar al presente, pero cuya diferencia no implica un impacto negativo de acuerdo al resultado del VAN mencionado anteriormente.

La TIR calculada fue de 32%, con un valor por arriba del reportado por Cruz (2003), encontrando en su estudio un TIR de 28.08%. Recordando el concepto de la Tasa Interna de Retorno, es la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que el beneficio neto actualizado sea igual a los costos netos actualizado, es decir VAN igual a 0, entonces el proyecto tiene una capacidad de soportar una tasa de descuento máxima de 32% para que sea rentable, pues una mayor tasa se obtendría un VAN menor a 0, haciendo inviable el proyecto..

La Tasa de Actualización Ponderada (TAP) para este ejercicio fue de 9.09% considerando una tasa pasiva del 7% y una activa del 12%, con un autofinanciamiento de $185,381^{00}$ y un apoyo de $132,850^{00}$ dando como resultado una TAP de 9.09%, también podemos comparar este valor con la TIR, pues considerando que la TAP calculada implicaría una tasa de descuento de 9.09%, esta es mucho menor que la capacidad de soportar una variación 3n la tasa de descuento de 32% calculada en con la TIR

El diagnóstico financiero nos dice que debido a que el VAN es mayor a cero, la relación de B/C es mayor a 1, y la TIR>TAP, se puede determinar que el proyecto es altamente viable desde el punto de vista económico.

Punto de Equilibrio.

Es la condición de la operación de una empresa en donde los ingresos son igual a los egresos, ayuda a determinar el tamaño mínimo que puede tener una empresa para no provocar su quiebra. Para determinar el punto de equilibrio de la empresa se utilizara el método grafico con los ingresos y egresos totales

Se realizaron cálculos del punto de equilibrio para los tres primeros años del funcionamiento de la empresa (figuras 34, 35 y 36). El primer año tiene un producción ligeramente menor a los siguientes por el periodo de arranque del proyecto. Los egresos varían en cada año principalmente por los pagos a realizarse para cubrir el monto de financiamiento.

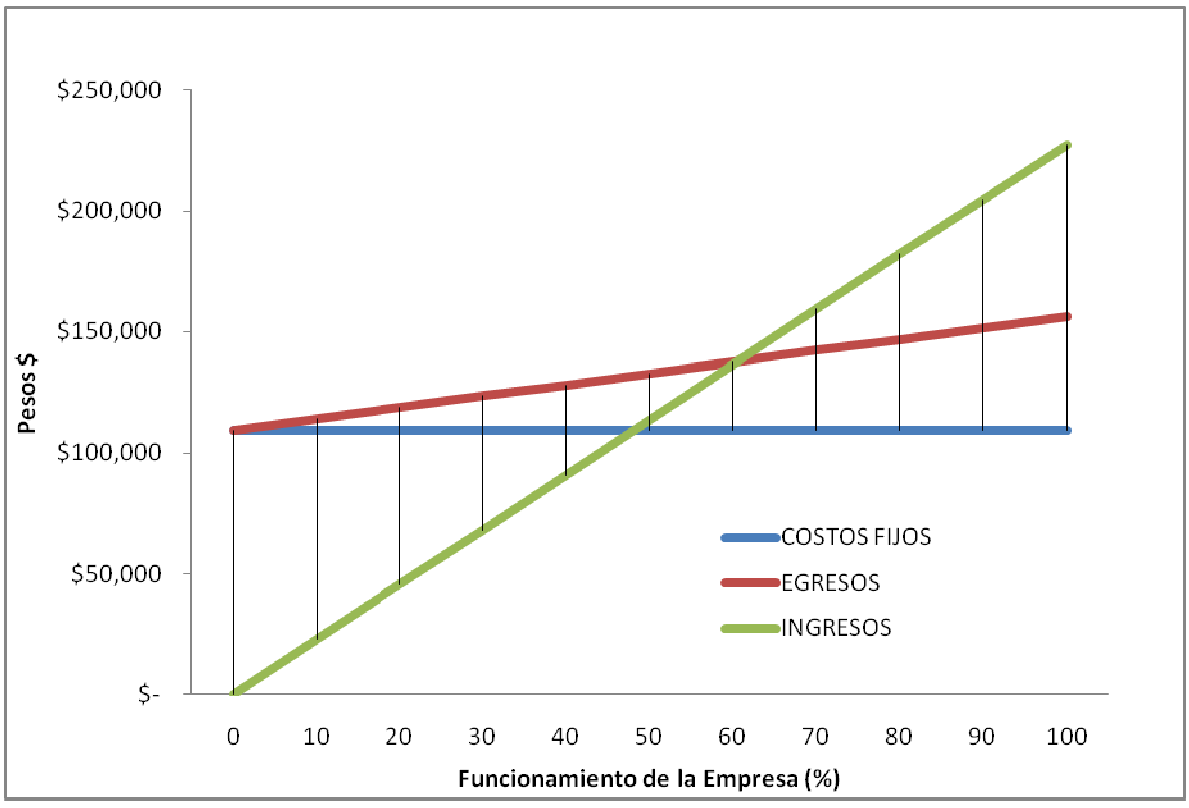


Figura 34. Punto de equilibrio para el año 1.

Punto de Equilibrio Año 1 es de 60.56% del funcionamiento de la empresa, lo cual implicaría una venta de 3936kg hongo setas anuales o 328kg hongo setas al mes para cubrir los gastos de la empresa, sin tomar en cuenta la venta de micelio.

Esto quiere decir que el proyecto soportaría una reducción equivalente a casi el 40% de las ventas programadas en base al plan de producción de 5100kg de hongo seta el año, esto sin considerar los 1635kg de micelio destinados a la venta.

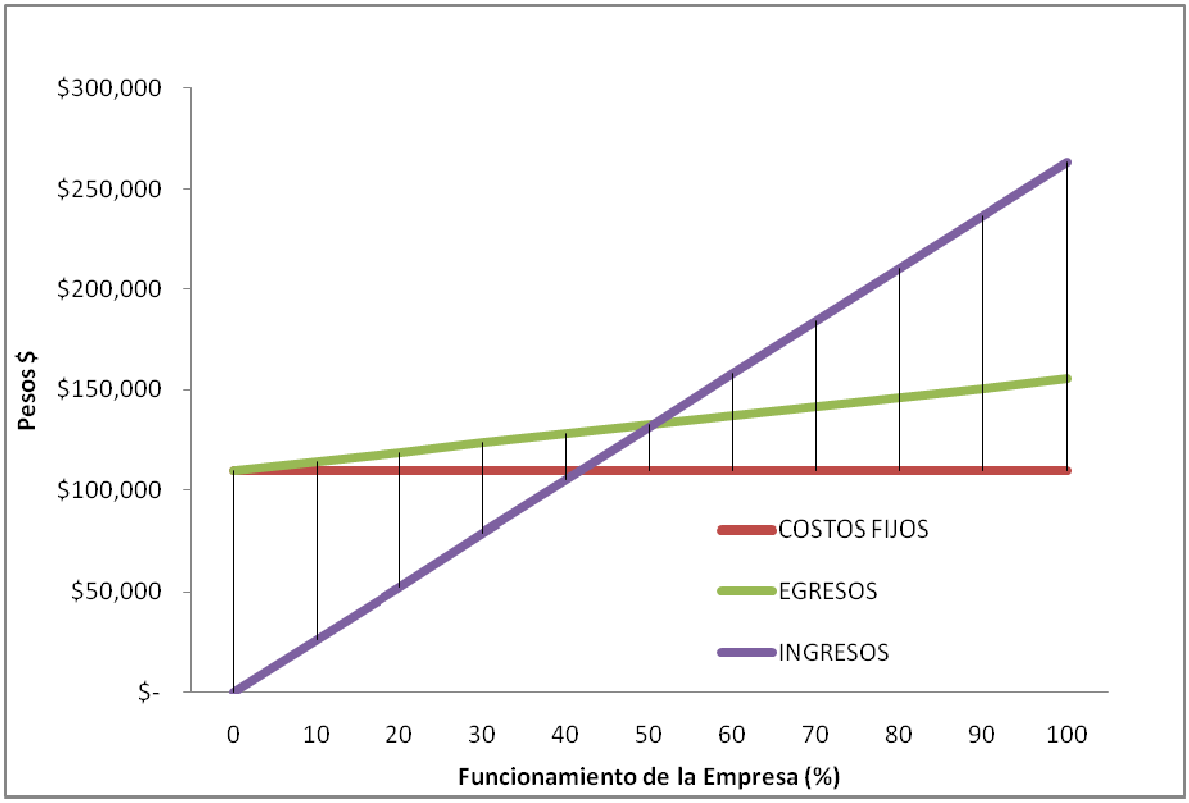


Figura 35. Punto de equilibrio para el año 2.

Punto de Equilibrio Año 2 es de 50.46% del funcionamiento de la empresa, lo cual implicaría una venta de 3792kg hongo setas anuales o 316kg hongo setas al mes para cubrir los gastos de la empresa, sin tomar en cuenta la venta de micelio.

El proyecto seguiría siendo viable tras una reducción equivalente a casi el 50% de las ventas programadas en base al plan de producción de 6000kg de hongo seta el año, esto sin considerar los 1500kg de micelio destinados a la venta.

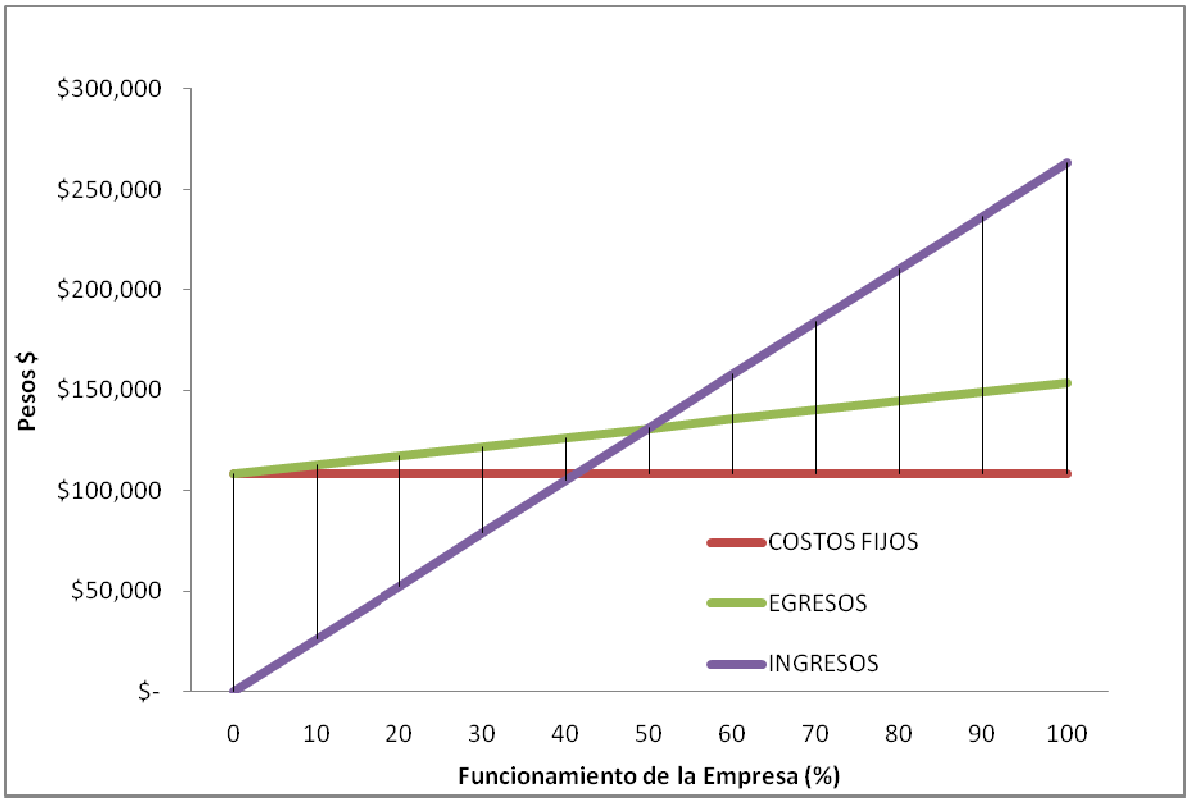


Figura 36. Punto de equilibrio para el año 3.

Punto de Equilibrio Año 3 es de 49.74% del funcionamiento de la empresa, lo cual implicaría una venta de 3738kg hongo setas anuales o 311kg hongo setas al mes para cubrir los gastos de la empresa, sin tomar en cuenta la venta de micelio.

Esto quiere decir que el proyecto soportaría una reducción equivalente a casi el 40% de las ventas programadas en base al plan de producción de 6000kg de hongo seta el año, esto considerando los 1800kg de micelio destinados a la venta.

5.11.7. Impacto socioeconómico del proyecto

Como se había mencionado, el proyecto busca el autoempleo de los socios que conforman el Grupo productoras de Hongo Seta Tlaliyatl, el total de integrantes es de cuatro mujeres que buscan una alternativa de ingresos económicos, en beneficio de sus hogares.

Estas personas ya han llevado a cabo la actividad y al observar sus beneficios dentro de la dieta de su familia y en pequeña escala como fuente de ingresos económicos adicionales, así como las ventajas en la adopción de su tecnología al ser un cultivo que pueden aprovechar sin dificultad, se ven motivadas para desempeñar la actividad como un negocio

Como se mencionó con anterioridad la producción será de 6,000kg de hongo seta en promedio anual, sin las instalaciones para reproducir el micelio que es la materia prima fundamental para el aprovechamiento del hongo seta, los costos aumentarán considerablemente en detrimento de las ganancias. Cabe resaltar que la diferencia entre producir hongo seta adquiriendo el micelio y autoabasteciéndose, radica en el costo de producción, siendo de $\$24^{70}.kg^{-1}$ al comprarlo y de $19^{80}.kg^{-1}$ si se produce.

Lo anterior en términos económicos redituaría en una disminución importante de las utilidades ya que los mayores costos de producción se encuentran en los realizados en la compra del micelio siendo el insumo más costo, así autoabasteciendo de micelio los costos de producción se reducen un 19.9%.

Además de los beneficios económicos mencionados que trae consigo el aprovechamiento del hongo seta, los residuos provenientes de la actividad pueden reintegrarse a los campos de cultivo y como abono para los árboles. Además pueden ser empleados en la alimentación del ganado ya que estudios como los de Ortega (1986); Aceves (1997), Soto-Velazco *et al*. (2005) y WingChing-Jones y Alvarado (2009), concluyen que dichos residuos tienen calidad alimenticia para el ganado

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Al realizar el análisis del sustrato empleado y la propuesta de la harina de vaina de mezquite se observa que estos tienen la suficiente calidad para ser empleados en la producción de *Pleurotus ostretus* a escala comercial.

El ciclo productivo del hongo fue de entre 68 y 70 días, efectuándose en la mayoría de los tratamientos cuatro cosechas, estando estos indicadores acordes con lo reportado en la literatura.

La adición de harina de vaina de mezquite en el sustrato impacta favorablemente en la producción, se observó un incremento de la producción en todos los tratamientos suplementados, sin embargo tiene su mayor eficiencia en un rango de 40 a 50 en base a su relación C/N, el incrementar este nivel de suplementación, hace el proceso menos eficiente.

La eficiencia biológica del proceso productivo aumenta considerablemente en al balancear el sustrato en base a la suplementación con la harina, entre un coeficiente C/N de 30 y 50, y sobre todo entre 40 y 50; elevando este nivel de suplementación, la eficiencia biológica disminuye y se estaría desperdiciando el aditivo.

La cantidad de humedad contenida en el hongo seta fue de 91.83%, siendo ésta, un poco superior a la reportada en la literatura, lo cual sería una ventaja para el producto en caso de vender su producto en peso fresco.

Dado que la cantidad de proteína aumento en todos los tratamientos suplementados con respecto al testigo, puede concluirse que además de incrementar la producción de hongo seta, la harina de vaina de mezquite tiene un efecto favorable al incrementar los niveles de proteína en el producto.

En base a los datos registrados en esta investigación se puede afirmar que empleando la tecnología y el modelo de trabajo para la producción de hongo seta en el municipio de Nextlalpan, se puede obtener un producto de calidad para su comercialización.

Sin embargo, para que esta actividad sea rentable, en base a lo observado en campo se recomienda invertir en el acondicionamiento de los módulos de producción para poder controlar de forma adecuada las variables ambientales para la producción: humedad, temperatura, intercambio de CO_2 y cantidad de luz de acuerdo a la etapa del ciclo productivo; además de estandarizar las prácticas de cultivo para eficientar el proceso.

La puesta en marcha del proyecto de inversión del laboratorio de micelio, sin duda traería beneficios para las integrantes de la organización, para la comunidad puesto que otros productores podrían adquirir micelio de calidad sin necesidad de trasladarse fuera del municipio y al consumidor al ofertarle una alternativa de calidad con la cual complementar y balancear su alimentación con proteína no animal, carente o deficitaria en algunos estratos de nuestra población, así que los beneficios, no solo recaerán en la organización.

Este objetivo comercial dependerá de la capacidad organizativa de las personas para estandarizar la producción en cuanto a su cantidad y calidad para se competitivo dentro del mercado.

Además del impacto social positivo de la producción de hongo seta, su impacto ambiental es favorable, al implementar el uso de los desechos de la producción (paja residual), para su compostaje y adición a los cultivos como abono, e incluso como una fuente de alimentación para el ganado.

De forma general se puede concluir que la actividad productiva del hongo seta manejada de forma holista es una alternativa para el aprovechamiento integral de los recursos agroforestales de municipio y apoya la generación seguridad alimentaria alimentaria mediante un producto de calidad, además de promover la creación de nuevas fuentes de empleo, redituando en beneficios económicos de la población.

6.2. Recomendaciones

El implementar la producción de hongo seta a mayor escala implica la necesidad de general un plan de manejo para el mezquite, promoviendo su plantación dentro de sistemas agroforestales y su uso en dasonomía urbana; esto debe implicar las técnicas adecuadas para su reproducción, plantación, manejo silvícola, así como el aprovechamiento de la vaina.

El productor en base a su programa de producción decidir si se llevan a cabo tres o cuatro cosechas, ya que esta última es la menos productiva del ciclo (por debajo del 10%) y que en base a la necesidad de optimizar el uso del espacio en los módulos de producción.

Para fines prácticos el productor puede usar un nivel de suplementación de entre 12 y 24% de harina de vaina de mezquite en base al peso seco del sustrato a sembrar.

Dada la dificultad para realizar inversiones económicas por lo productores, se presenta la opción de elaboración de proyectos productivos para su concurso en las diferentes instancias de gobierno mediante las cuales es posible acceder a apoyos económicos para la puesta en marcha de empresas.

Para poder concursar con éxito en tales programas, es necesario tenr una organización social adecuada, por ello es indispensable constituir a los

productores en grupos de trabajo e incluso empresas bajo el esquema más adecuado para su funcionamiento, Cooperativa, Sociedad de producción rural, etc.

Por otro lado se presenta la oportunidad para reinvertir sus utilidades en la compra de material y equipo para la trasformación industrial a escala de micro y pequeña empresa, del hongo seta en productos elaborados con un valor agregado (escabeches, conservas, dulces, etc.), los cuales se podrían distribuir dentro del municipio y el área conurbada de la ciudad de México, contando con la ventaja de su cercanía.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ábrego, J. H. 1991. Estudio fenológico del mezquite (*Prosopis spp.*) en cuatro localidades del estado de Nuevo León. Tesis: IAF. UANL, México, 40p.

Aceves, O. J. 1996. Evaluación nutricional de la paja de trigo tratada con el hongo *Pleurotus ostreatus* en ovinos. Tesis de Maestría, especialidad en ganadería. Colegio de Posgraduados. México.

Arteaga, R.; R. Castro; P. Coras; M. Peña. 2000. El mezquite *(Prosopis spp.)* en México: una planta en vías de extinción. Agricultura, Ciencia y Técnica, México, No. 13: 20-24.

Bano Z, Rajarathnam S 1988. *Pleurotus* mushroom. Part II. Chemical composition, nutritional value, post-harvest physiology, preservation and role as human food. Crit Rev Food Sci Nutr 27:87–158.

Bano Z, Rajarathnam S 1989. *Pleurotus* mushrooms as a nutrition food. *In* Chang ST, Quimio TH (Eds.) Tropical Mushrooms: Biological Nature and Cultivation Methods. Chinese University Press. Hong Kong, China.

Bano, Z., Rajarathnam, S., 1982. Studies on cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. *Mushroom J.*, 115:243-245.

Barbado, J. 2003. Hongos comestibles: champiñones, girgolas y trufas. Albatros. México.

Bejines, J. 1999. Nextlalpan de Felipe Sánchez Solís: monografía municipal. Instituto Mexiquense de Cultura, México, 137 p.

Beltran-Garcia, M. J.; M. Estarron-Espinosa; T. Ogura. 1997. Volatile compounds secreted by the oyster mushroom (P*leurotus ostreatus)* and their antibacterial activities. Agric. Food Chem. 45 (10):4049–4052

Bermúdez, R. C.; García, N.; Gross, P.; Serrano, M. 2001. Cultivation of *Pleurotus* on agricultural sustrates in Cuba. Micología Aplicada Internacional. Vol. 13, No. 1, pp. 25-29.

Bernabé-González, T., M. Cayetano-Catarino, A. Adán-Díaz and M. A. Torres-Pastrana. 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. Revista Mexicana de Micología 18: 77-80.

Bernabé-González, T.; Cayetano-Catarino, M. 2009. Cultivation of *Pleurotus pulmonarius* on substrates treated by immersion in alkaline water in Guerrero, Mexico. Micología Aplicada Internacional, Vol. 21, Núm. 1, pp. 19-23.

Bosquez-Molina, E.; E.J., Vernon; L. Pérez; L. I. Guerrero. 2000. Películas y cubiertas comestibles para la conservación en fresco de frutas y hortalizas. industria alimentaria. 22(1):14-29.

Bureau of Land Management. 2008. Seeds of success (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2011. Disponible en: http://www.nps.gov/plants/sos/bendcollections/index.htm

Burkart, A. 1952. Las leguminosas Argentinas silvestres y cultivadas. 2ª ed., ACME, Argentina, 567p.

Cedillo, V.; P. Mayoral. 1997. Agroforesteria en zonas aridas. FAO, Roma, Italia, 326p.

Cervantes, M. C. 1998. *Prosopis spp. In:* Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Universidad de Aguascalientes, México, pp. 53-62

Chang, S. T. and P. G. Miles. 1989. Edible Mushrooms and Their Cultivation. CRC. Press, Boca Raton EU. 345pp.

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

Chocobar G. 2005. Métodos de esterilización de substratos para el cultivo de setas (*Pleurotus* spp.). Tesis de Lincenciatura. Agroecología UACh. México.

Ciappini, M. C.; B. Gatti; M. L. López. 2004. *Pleurotus ostreatus*, una opción en el menú, estudio sobre las girgolas en la dieta diaria. Invenio, vol 7 no. 12, pp. 127-132.

Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas y Fundación Produce Tlaxcala, A.C. 2003. Programa estratégico para el desarrollo de la producción, transformación y comercialización de hongos comestibles en el estado de Tlaxcala. México 47p.

CONAFOR. 2007. *Prosopis laevigata (*Humb. et Bonpl. ex Willd*),* (en línea*).* Consultado el 20 de marzo de 2011. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/bosquedes/Fichas%20Tecnicas/Prosopis%20laevigata.pdf

CONAZA e INE. 1994. Mezquite*, Prosopis spp.:* cultivo alternativo en zonas áridas y semiáridas de México*.* INE, México, 31p.

Coronel, U. y J. Martínez. 1995. Efecto de la inoculación del hongo comestible pleurotus ostreatus sobre el valor nutricional de la paja de cebada usada en la alimentación de rumiantes. Tesis de licenciatura IAEZ. UACh. México

Cruz, J.I. 2003. Análisis de la producción y rentabilidad del cultivo de hongo seta en el estado de México. Informe analítico. Universidad Autónoma Chapingo. México. 64p.

de León-Monzón, J.H.; J.E Sánchez; J. Nahed-Toral. 2004. El cultivo de *Pleurotus ostreatus* en los Altos de Chiapas, México. Revista Mexicana de Micología. 18: 31-38.

Duarte, M. A. 1996. Producción de setas (*Pleurotus ostreatus*), empleando paja de trigo enriquecida con desperdicios de brocoli y coliflor. Tesis de Licenciatura, Ing. en Alimentos. Universidad de Guanajuato México. 91 h

Eger, G.; S. F Li, H. Leal-Lara 1979.Contribution to the Discussion on the Species Concept in the *Pleurotus ostreatus* Complex: Mycologia, Vol. 71, No. 3, pp. 577-588

Espinoza, A. y P. Lina. 2006. La Sobreexplotación del Mezquite y el Deterioro de los Ecosistemas. *In*: Proyecto de Investigación "Sustentabilidad de la planificación territorial del desarrollo y medio ambiente de la ZMVM en la Zona Centro del País". IPN, México D. F., pp.16-32.

Fan L.; A.T., Soccol; A., Pandey; L. P. S., Vandenberghe. 2006. Effect of caffeine and tannins on cultivation and fructification of *Pleurotus* on coffee husks. Braz. J. Microbiol. 37: 420-424.

FAO. 2007. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina*: Prosopis laevigata* (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2011. Disponible en: http://www.rlc.fao.org/redes/sisag/arboles/Mex-pr-l.htm

FAO. 2008. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Base de datos de Agricultura (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2011. Disponible en: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx

FAO/UNESCO. 1994. Base de referencia para suelos en el mundo. FAO, Roma, Italia, 107p.

Felker, P. 1988. Árboles útiles de la parte tropical de América del Norte. Comisión Forestal de América de Norte. E.U.A. 397p.

Ffolliott, P. F.; J.Thames. 1983. Manual sobre Taxonomía de *Prosopis* en México, Perú y Chile. FAO, Roma, Italia, 35p.

Franco, L. 1996. Composición química y valor nutricio de setas (Pleurotus ostreatus) cultivadas en desechos de aguacate y piña. Tesis de Licenciatura, Ing. en Alimentos. Universidad de Guanajuato México. 91h.

Gaitán-Hernández, R.; D. Salmones; R. Pérez-Merlo; G. Mata. 2002. Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción Instituto de Ecología A.C. México, 56p.

Gaitán-Hernández, R.; D. Salmones; R. Pérez-Merlo; G. Mata. 2009. Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada. Revista Mexicana de Micología. 30: 63-71.

Galindo, A. S. 1986. Hibridación en el mezquite. (*Prosopis laevigata* y *P. glandulosa* var. *Torreyana*) de la altiplanicie de San Luís Potosí. Tesis: M. C. México, Colegio de Postgraduados, México, 112p.

Galindo, A. S.; M. García 1986. Uso del mezquite (*Prosopis L.*) en el altiplano potosino. Agrociencia (67):7-16

García, N.; R. C. Bermúdez; P. Gross; M. Hernández. 2006. Cultivo de cepas de Pleurotus sp. sobre pulpa de café. Revista Mexicana de Micología. México. 23:99-101.

García, R. M. 1987. Cultivo de setas y trufas. Mundi Prensa. España 217p.

Gómez, D. M.; M. L. Martínez; G. C. García. 1985. Aprovechamiento de desechos agrícolas en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Tésis de Licenciatura. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM. México.

Gómez, F.; J. Signoret; M.C. Abuín. 1970. Mezquites y Huizaches. Algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros, *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México, D.F., 192p.

González G., F. 2001. Vaina de mezquite como suplemento para ovinos alimentados con paja de cebada. Tesis: IAZ, UACh-Zootecnia, México, 89p.

Granados, D. 1996. El mezquite: el árbol del desierto. Revista Chapingo (Serie Ciencias Forestales) 1(3): 37-51.

Guarín, B. J.; A. A. Ramírez. 2004. Estudio de Factibilidad Técnico-Financiero de un Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en Cundinamarca. Tesis de Licenciatura Ingeniero Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia, 86p.

Guzmán, G. 2000. Genus *Pleurotus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (Agaricomycetideae): diversity, taxonomic problems and cultural and traditional medicinal uses. International Journal of Medicinal Mushrooms 2: 95-123.

Guzmán, G.; G. Mata; D. Salmones; V. C. Soto; L. Guzmán. 2002. El cultivo de los Hongos Comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. Instituto Politécnico Nacional, México. 245p.

Hernández, A. D. 2010. Diseño manejo y evaluación del sistema agroforestal mezquite-maguey forrajeras de corte en Xaltocan estado de México. Tesis Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. UACh 92p.

Hernández, R., F.; J. Madrid; M. A. Pulgar y J. m. Cid. 1994. Valor nutritivo de la paja de cebada tratada con álcalis en la especie caprina. Archivos de Zootecnia, Universidad de Murcia, España, 43:259-271.

INE. 2002. Cultivo del mezquite (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2011. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/72/cultivo.html.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de México Nextlalpan. Gobierno del Estado de México.

Isikhuemhen O. S. y N.A. Mikiashvilli. 2009. Lignocellulolytic enzyme activity, substrate utilization, and mushroom yield by *Pleurotus ostreatus* cultivated on substrate containing anaerobic digester solids. J Ind Microbiol Biotechnol 36:1353–1362

Krishnamurthy, L, Ávila, M. 1999. Agroforesteria básica. Programa de las Naciones Unidad para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Serie textos básicos para al Formación ambiental Nº 3. México, 340p.

Kurtzman, R. H. y F. Zadrazil. 1989. Physiological and taxonomic considerations for cultivation of *Pleurotus* mushrooms. In Chang ST, Quimio TH (Eds.) Tropical Mushrooms: Biological Nature and Cultivation Methods. Chinese University Press. Hong Kong, China. pp.299-348.

Leben, R. 2004. Propiedades medicinales y nutrimentales de los hongos comestibles (en línea). Consultado el 20 de marzo de 2011. Disponible en: http://www.leben.com.mx/?p=38

Leopold, A. S. 1965. Fauna Silvestre de México. IMRNR, México, 655p.

López, Y. L.; F. M. Goycoolea; M. A. Valdez; A. N. Calderón. 2006. Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. Interciencia, 31(3):183-189.

Lundgreen, B. O. y J. B. Raintree. 1983. Sustained agroforestry. In: Nestel, B. Agricultural research for Development: Potentials and changes in Asia. ISNAR. Holanda, pp.37-49

Manachere, G.; J. C. Robert; R. Durand; J. P. Bret; M. Fevre. 1983. Differentiation in the Basidiomycetes. In Fungal Differentiation: a Contemporary Synthesis (ed. J. E. Smith), Marcel Dekker, New York EU. pp.481-514.

Mandeel Q. A.; A. A. Al-Laith and S.A. Mohamed. 2005. Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 21:601–607

Mane, V.P.; S. S. Patil; A. A. Syed; M M V Baig. 2007 Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. Journal of Zhejiang University SCIENCE B. 8(10):745-751.

Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. Micología Aplicada Internacional.14: 61-74.

Martinez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, M. Aliphat, A. Aguilar, M. Bonilla y. W. Martinez. 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. Conacyt, Academia Mexicana de Ciencias: pp193-207.

Martínez-Carrera, D., A. Larque-Saavedra, P. Morales, M. Sobal, W. Martínez y A. Aguilar, 1993. Los hongos comestibles en México, biotecnología de su reproducción. Ciencia y Desarrollo 108: 41-49.

Martínez-Carrera, D.; A. Aguilar; W. Martínez; P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla; A. Larqué-Saavedra, 1998. Asustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. Micol. Neotrop. Apl. 11: 77-96.

Martínez-Carrera, D.; G. Guzmán; C. Soto. 1985. The effect of fermentation of coffee pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in México. Mushroom Newsletter for the Tropics. 6:21-28.

Meza, R. y E. Osuna. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las Pocitas, B.C.S. INIFAP, México, 56p.

Nair, P. K. R. 1985. Classification of agroforestry systems. Agroforestry Systems 3:97-128.

Nair, P. K. R. 1997. Agroforesteria. Universidad Autónoma Chapingo. México, 543p.

Naraian R, Sahu RK, Kumar S, Garg SK, Singh CS,Kanaujia RS. 2009. Influence of different nitrogen rich supplements during cultivation of *Pleurotus florida* on corn cob substrate. Environmentalist. 29:1-7.

Ortega M.; B. Can; F. Herrera; P Férez. 1986. Efecto de la inoculación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en la composición química y digestibilidad de la paja de cebada. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 36(2):345-350.

Palacios, R. A. 2006. Los mezquites mexicanos: biodiversidad y distribución geográfica. Boletín Sociedad Argentina Botánica. 41 (1-2): 99–121.

Pedra W.N. y R.H. Marino. 2006. Cultivo axênico de *Pleurotus* spp. em serragem da casca de coco (*Cocos nucifera* Linn.) suplementada com farelo de arroz e/ou de trigo. *Arq. Inst. Biol. 73*: 219-225.

Pennington, T. y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México. 2ª ed. UNAM – Fondo de Cultura Económica. México, 554p.

Pérez, M. R. y G. Mata. 2005. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonaris* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. Revisata Mexicana de Micología. 20:53-59.

Rajarathnam S, Z. Bano 1991. Biological utilization of edible fruiting fungi. In: Arora DK, Mukerji KG, Mathe EH (eds) Handbook of applied mycology: foods and feeds, vol 3.Marcel Dekker Press, Wisconsin, USA, 241–292.

Rizki, M. y Y. Tamai. 2010. Effects of different nitrogen rich substrates and their combination to the yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). World J Microbiol Biotechnol. DOI 10.1007/s11274-010-0624-z

Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis (Leguminosae, Mimosoidae)* en Norteamérica. Acta botánica Mexicana, 3: 7-19

Sales-Campos, C.; M. Teixeira de Almeida Minhoni; M.C. Nogueira de Andrade. 2010. Produtividade de *Pleurotus ostreatus* em resíduos da Amazônia. Interciencia, Vol. 35, Núm. 3, pp. 198-201.

Salmones, D.; G. Mata; G. Guzmán, m. Juárez, L. Montoya. 1995. Estudios sobre el género *Pleurotus*, V. Producción a nivel planta piloto de ocho cepas adscritas a cinco taxa. Revista Iberoamericana de Micología 12:108-110

Sánchez, A. 2001. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus* sobre residuos vitivinícolas y su manejo postcosecha. Tesis Maestro en Ciencias Tecnología de Alimentos de Origen Vegeta. CIAD. México.

Sánchez, G. M. 1999. Diagnóstico del consumo de alimentos en la comunidad “el Copal” Municipio de Irapuato, Guanajuato y difusión de setas Pleurotus ostreatus. Tesis de licenciatura, Universidad de Guanajuato, México. 102p.

Sánchez, J. E. 1994. Producción de Hongos Comestibles. ECOSUR, México, 80p.

Sánchez, J.E., D. Royse, 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. ECOSUR/LIMUSA, México, 290p.

SAS Institute, U. S. 1997. (programa de cómputo) SAS, versión 8 para microcomputadora

SEMARNAT. 2001. Guía técnica de identificación de aves canoras y de ornato autorizadas por la SEMARNAT para su aprovechamiento. SEMARNAT, México. 65p.

Somarriba, E. 1992. Revisiting the past: na essay on agroforestry definition. Agroforestry Systems 19:233-240.

Soto-Velazco, C.; J. C. Serratos; M. Ruíz-López; P. García-López. 2005. Análisis proximal y de aminoácidos de los residuos de cosecha del hongo *Pleurotus* spp. Revista Mexicana de Micología. 21:49-53.

Ulloa, M. y T. Herrera. 1990. El reino de los hongos: micología básica y aplicada. Fondo de Cultura Económica. México. 550p.

Varela, M. M. 1987. Monografía municipal de Nextlalpan. Gobierno del estado de México, México, 122p.

Vargas, J. M. 2004. El mezquite: historia, importancia y usos (en línea). Universidad de Sonora. Consultado el 20 de marzo de 2011. Disponible en: http://www.iesa.gob.mx/horizontes/11/mezquite.htm.

Velasco, J. y E. Vargas. 2004. Cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). Manual técnico. SRA, México, 24p.

Vetter J (1994) Mineral elements in the impor tant cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*. Food Chemistry. 50: 277-279.

Villegas, A. 1996. Biotecnología Intermedia en México. La producción de Hongos Comestibles. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. UACh. México. 51p.

WingChing-Jones, R.; G. Alvarado. 2009. Valor nutricional del heno de transvala inoculado con el hongo *Pleurotus ostreatus* sp. Agronomía Costarricense, 33(1): 147-153.

Young, A. 1997. Agroforestry for Soil Management. CAB International-ICRAF, Inglaterra, 276p.

Zadrazil, F. & Kurtzman, Jr. R.H. 1989 The biology of *Pleurotus* cultivation in the tropics. In Tropical Mushrooms, Biology, Nature and Cultivation Methods, ed. Chang, S.T. & Quimio, T.H. (Eds.). Hong Kong: The Chinese University Press. pp. 277–298.

Zadrazil, F. 1978. Cultivation of Pleurotus. In S. T. Chang and W. A. Hayes (eds). The biology and cultivation of edible mushroom. Academic press, New York. 512-558.

Zamora- Martínez, M. C. 1999. Hongos comestibles de México. In Memorias del ciclo de conferencias “La investigación y la educación forestal en México”. SEMARNAP. México. pp.87-104.

Breve reseña de los asesores de tesis

Laksmi Krishnamurthy. Doctor en Ecología por la Universidad de Saurashtra, India. Experiencia postdoctoral en agroforestería en la universidad de Florida, EU. Fundador y Director del Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la UACh, México. Coordinador principal del curso Internacional de Agroforestería para el Ecodesarrollo, que implementa anualmente desde 1992, dentro del marco de la Red de Formación Ambiental PNUMA. Autor de numerosas publicaciones, destacando la coautoría en la obra de "Agroforestería Básica" (1999), dentro de la Serie de Textos Básicos para la Formación Ambiental No. 3 del PNUMA; y el de "Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural" (2003), bajo el auspicio de SEMARNAT. Ponente en varios eventos nacionales e internacionales. Ha recibido varios premios y reconocimientos, incluyendo el *Lifetime of Scientific Achievement Award* 2009, Cambridge, Inglaterra. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

Salvador Martínez Romero. Químico Bacteriólogo Parasitólogo por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Instituto Politécnico Nacional, México. Maestro en Ciencias de la Educación con Especialidad en Docencia e Investigación de la Educación Superior por la Universidad del Valle de México. Profesor de la Escuela Nacional de Agricultura desde 1970, hoy Profesor Investigador Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, donde ha desempeñado diversos cargos y funciones. Ha realizado diversas investigaciones y dirigido trabajos de tesis en el área de Bioquímica, Microbiología y Biotecnología; siendo un protagonista en el desarrollo de estas áreas en la Universidad.

Julio Baca del Moral. Doctorado en Ciencias en Estudios Rurales, Orientación Desarrollo Rural por la Universite de Toulouse, Le Mirail, Francia. Mención: muy Honorable. Profesor Investigador, Dirección de Centros Regionales, Universidad Autónoma Chapingo, titular en la Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional y en el Doctorado en Problemas Económicos Agroindustriales del CIESTAAM. Participación como autor en dos libros, en más de cinco capítulos de libros y 20 artículos publicados. Coordinador Nacional del Programa Especial de Seguridad Alimentaria (PESA). 2002-2007 FAO; proyecto de Investigación y Servicio seleccionado, junto con otros 14, entre 125 proyectos a nivel de América Latina; 2001 Fundación Minka de Chorlavy; Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, de 2000 a 2011.