



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

PROGRAMA:

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

PRODUCCIÓN DE *Pleurotus* spp., MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS Y GENERACIÓN DE AUTOEMPLEO EN EL MUNICIPIO DE TETELA DE OCAMPO-PUEBLA

OMAR ROMERO ARENAS

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2010

La presente tesis intitulada: **Producción de *Pleurotus* spp., mediante el aprovechamiento de subproductos agrícolas y generación de autoempleo en el municipio de Tetela de Ocampo-Puebla;** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. ANTONIO MACÍAS LÓPEZ

ASESOR:



DR. MANUEL HUERTA LARA

ASESOR:



DR. MIGUEL ÁNGEL DAMIÁN HUATO

ASESOR:



DR. SERGIO CUEVAS LÓPEZ

Puebla, Puebla a 30 de Noviembre de 2010



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE-43-2-03 ANEXO

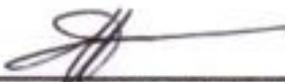
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Omar Romero Arenas** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **DR. ANTONIO MACÍAS LÓPEZ** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Producción de *Pleurotus* spp., mediante el aprovechamiento de subproductos agrícolas y generación de autoempleo en el municipio de Tetela de Ocampo-Puebla** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla 15 de Noviembre de 2010.



Firma



Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que hizo posible la continuación de mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla por brindarme los conocimientos para poder realizar la presente investigación.

AL municipio de Tetela de Ocampo-Puebla por brindarme una estancia placentera en el transcurso de la presente investigación.

Agradecimiento al grupo de Biotecnología de Hongos comestibles del colegio de Postgraduados y en especial al Dr. Daniel Martínez Carrera por su valioso apoyo y amistad.

Al Dr. Antonio Macías López mi agradecimiento por su amistad asesoría y consejos de la presente tesis de investigación.

Al Dr. Manuel Huerta Lara por su amistad, asesoría, observaciones y recomendaciones durante la presente investigación.

Al Dr. Miguel Ángel Damián Huato por su amistad y por la revisión y las atinadas sugerencias en la presente tesis de investigación.

Al Dr. Sergio Cuevas López mi agradecimiento por su amistad, asesoría y consejo de la presente tesis de investigación.

A todos los profesores de la especialidad que contribuyeron en mi formación académica.

Al personal administrativo del campus por las facilidades otorgadas durante mis estudios.

"La scienza più utile è quello il cui frutto è la più trasmissibili."

Leonardo da Vinci

DEDICATORIA

**A la virgen de Juquilita y al Santo San Judas Tadeo
Por guiarme en su camino de fé y amor**

**A mi Madre
Dolores Arenas Arenas**

Por guiarme en el buen camino de la vida, brindarme amor y alegría en los momentos de tristeza, por estar conmigo en los momentos de éxito y de fracaso, por enseñarme ir más adelante sin importar los obstáculos que la vida te pone para lograr convertirte en un buen ser humano, gracias porque soy afortunado por contar contigo.

**A mi Hermano
Ing. Víctor Hugo Romero Arenas**

Por ser ejemplo de perseverancia y voluntad, que me enseñó a cumplir mis objetivos siempre, sin importar los obstáculos que se me presenten en esta vida.

**A mi Esposa
M.C María de los Ángeles Valencia de Ita**

Por brindarme su compañía, amor, cariño y comprensión a lo largo de nuestro matrimonio, agradezco también por brindarme momentos que me llena de felicidad y alegría.

**A mis Hijos
Said Omar Romero Valencia
Allison Nikté Romero Valencia**

Quiero compartirles que mi motivación mayor a seguir adelante y siempre dar lo mejor de Mí para alcanzar los objetivos y metas son Ustedes y que este logro importante en Mi vida personal y laboral, sea un motivo de inspiración en sus vidas y estén orgullosos de su Papá.

CONTENIDO	PÁGINA
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1 Producción Comercial de Hongos Comestibles en México	4
2.2 Importancia de la Producción de Transferencia de Tecnología al Sector Rural	4
2.3 Principales Componentes en la Transferencia de Tecnología al Sector Rural	6
2.4 Perspectivas la Biotecnología de Hongos Comestibles y su Contribución al Desarrollo Rural	6
2.5 Literatura Citada	7
III. METODOLOGIA	10
IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	12
4.1 Hipótesis	12
4.1.1 Hipótesis General	12
4.1.2 Hipótesis Particulares	12
4.2 Objetivos	13
4.2.1 Objetivo General	13
4.2.2 Objetivos Particulares	13

CAPÍTULO I	
DIVERSIDAD DE HONGOS SILVESTRES EN LA COMUNIDAD DE BENITO JUÁREZ, TETELA DE OCAMPO; PUEBLA-MÉXICO	14
1.0 RESUMEN	14
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.3 MATERIALES Y MÉTODOS	17
1.4 RESULTADOS	19
1.5 DISCUSIÓN	23
1.6 CONCLUSIÓN	25
1.7 LITERATURA CITADA	26
CAPÍTULO II	
CARACTERÍSTICAS DE <i>Trichoderma harzianum</i>, COMO AGENTE LIMITANTE EN EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES	29
2.0 RESUMEN	29
2.1 ASPECTOS GENERALES DE <i>Trichoderma</i> spp.	30
2.1.1 <i>Trichoderma</i> spp., Un Moho que Afecta El Cultivo de Hongos Comestibles	31
2.1.2 Fisiología de <i>Trichoderma harzianum</i> (Rifai).	33
2.1.3 Estructuras y Características de <i>T. harzianum</i> (Rifai), en el Cultivo de Hongos Comestibles	35
2.2 CONCLUSIÓN	37
2.3 AGRADECIMIENTOS	38
2.4 LITERATURA CITADA	38

CAPÍTULO III	
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE <i>Pleurotus ostreatus</i> UTILIZANDO HOJA DE PLÁTANO DESHIDRATADA (<i>Musa paradisiaca</i> L), EN RELACIÓN CON OTROS ESQUILMOS AGRÍCOLAS	41
3.0 RESUMEN	41
3.1 INTRODUCCIÓN	42
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.2.1 Cepas y Sustratos	43
3.2.2 Evaluación de la Producción de Fructificaciones de la cepa CP-50 de <i>P. ostreatus</i>	44
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.4 CONCLUSIÓN	53
3.5 AGRADECIMIENTOS	54
3.6 LITERATURA CITADA	54
CAPÍTULO IV	
ELABORACIÓN DE INÓCULO DE <i>Pleurotus ostreatus</i> EN UNA CAMPANA DE FLUJO LAMINAR CASERA	59
4.0 RESUMEN	59
4.1 INTRODUCCIÓN	60
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS	62
4.2.1 Cepas y Sustratos	62
4.3 DESARROLLO	63
4.3.1 Preparación de la Cepa CP-50 de <i>P. ostreatus</i>	65
4.3.2 Preparación de la Semilla Madre (MASTERS)	65
4.3.3 Preparación de la Semilla Secundaria	66
4.3.4 Control de Calidad de la Semilla	67

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.5 CONCLUSIONES	69
4.6 AGRADECIMIENTOS	69
4.7 LITERATURA CITADA	69
CAPÍTULO V	
ESTRATEGIA PARA IMPULSAR EL CULTIVO DE HONGO SETA (<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>) EN COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE TETELA DE OCAMPO-PUEBLA	72
5.1 INTRODUCCIÓN	72
5.2 OBJETIVOS	73
5.2.1 Objetivo General de la Estrategia	73
5.2.2 Objetivos Particulares de la Estrategia	73
5.3 ACTORES DE LA ESTRATEGIA	74
5.4 FACTORES LIMITANTES DETECTADOS EN LA CADENA PRODUCTIVA DE HONGO SETA	74
5.5 PLAN DE ACCIÓN DE LA ESTRATEGIA	75
5.6 ESTRATEGIA	75
5.6.1 Diseño de la Tecnología para Fortalecer la Cadena de Producción de Hongo Seta	76
5.6.2 Acciones Estratégicas	77
5.6.2.1 Acciones a Corto Plazo	77
5.6.2.2 Acciones a largo plazo	79
5.7 EVALUACIÓN	80
5.8 LITERATURA CITADA	82
V. CONCLUSIONES GENERALES	84
VI. LITERATURA CITADA	85

ÍNDICE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1	Contenido de las propiedades alimenticias del hongo seta en comparación con otros productos de alto valor nutricional.	3
Tabla 2	Cantidad estimada de agua requerida para producir 1 Kg. de hongos comestibles frescos usando tecnologías rústicas, en comparación con la que se usa para producir otros productos y granos alimenticios.	5
Tabla 3	Diversidad de hongos silvestres en la comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla. Año 2007.	20
Tabla 4	Aparición de cuerpos fructíferos de los hongos silvestres colectados en la comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla. Año 2007.	22
Tabla 5	Resumen histórico taxonómico del género <i>Trichoderma</i> spp., (Bisby, 1939; Rifai, 1969; Bissett, 1984; 1991; 1992; Fletcher, 1987; Doyle, 1991; Seaby, 1987; Castle <i>et ál.</i> , 1998; Chen <i>et ál.</i> , 1999; Sharma <i>et ál.</i> , 1999; Hermosa, 2000; Sobal, 2007).	32
Tabla 6	Tasa de Producción de la cepa CP-50 de <i>P. ostreatus</i> de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros esquilamos agrícolas, en Tetela de Ocampo, Puebla, México. 2008.	48
Tabla 7	Calidad de los cuerpos fructíferos de la cepa CP-50 de <i>P. ostreatus</i> de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros esquilamos agrícolas.	48
Tabla 8	Eficiencia biológica (EB), tasa de producción (PT) y tasa de biodegradación (TB) de la CP-50 de <i>P. ostreatus</i> de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros esquilamos agrícolas.	49

ÍNDICE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1	Comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla.	17
Figura 2	<i>Amanita muscaria</i> .	19
Figura 3	<i>Armillaria mellea</i> .	19
Figura 4	<i>Rusula emética</i> .	19
Figura 5	<i>Ganoderma applanatum</i> .	21
Figura 6	<i>Lycoperdon gemmatum</i> .	21
Figura 7	<i>Lycoperdon gemmatum</i> .	21
Figura 8	Diversidad por familia de hongos silvestres en la comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla. Año 2007.	21
Figura 9	Descripción: <i>T. harzianum</i> (Rifai); a, b. conidióforos de forma piramidal; c, d. fiálides y conidios.	34
Figura 10	Comparación de sustratos para la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el periodo comprendido del 01-05-08 al 01-08-08 en Tetela de Ocampo, Puebla-México.	46
Figura 11	Comparación de sustratos para la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el periodo comprendido del 03-08-08 al 03-11-08 en Tetela de Ocampo, Puebla-México.	46
Figura 12	Campana de Flujo laminar rústica.	64
Figura 13	Semilla secundaria elaborada en una campana de flujo laminar rústica.	66
Figura 14	Objetivos de la Estrategia.	73
Figura 15	Factores limitantes detectados en la cadena productiva de hongo seta.	74
Figura 16	Diagrama de Procesos de Producción de Hongo Seta.	77
Figura 17	Esquema general de la planta regional de Hongo Seta.	78
Figura 18	El sistema óptimo para la producción rural de hongo seta sustentable, que se propone en la presente investigación, es la utilización de subproductos agrícolas regionales.	81

ABSTRACT

The consumption of mushrooms is part of the cultural heritage of the Mexican rural population, so that formed part of a subsistence strategy based on multiple uses of natural resources. The edible mushroom is a clear example of sustainable development, due to this activity represents a harmony with nature and the producers of edible fungi, in addition to requiring a small amount of water in short periods of time compared to other foodstuffs. The waste material after cultivation of edible mushrooms can be used for vermicomposting, providing additional benefits for family production systems.

In this investigation, agro-environmental conditions in the municipality of Tetela Ocampo, are optimal to develop the cultivation and production of mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in rural conditions, from the local substrate selection to preparation of seed or inoculums, besides knowing the problems of *Trichoderma* spp., and lack of knowledge or timely implementation of management measures, prevention and control of this fungus, this is a disadvantage in the development of edible mushroom cultivation, so that some declines can be generated in yield with consequent economic losses.

The results show that CP-50 of *Pleurotus ostreatus* showed good mycelial growth areas in dried banana leaf, reaching a production rate of $1.5 \pm 0.1\%$, the highest biological efficiency (EB) was obtained in the substrate wheat straw with $129.34 \pm 9.1\%$, dried banana leaves to $123.30 \pm 0.7\%$, bean straw got the lowest EB $82.91 \pm 0.4\%$, the laminar flow hood rustic is an option for the production of mushroom spawn (*P. ostreatus*), at low cost and very producer can afford to it.

Words Key: *Pleurotus ostreatus*, biological efficiency, sustainable development, substrate.

RESUMEN

El consumo de hongos forma parte del acervo cultural de la población rural mexicana, de tal manera que constituyeron parte de una estrategia de subsistencia basada en el uso múltiple de los recursos naturales. El cultivo de hongos comestibles es un ejemplo claro del desarrollo sustentable, ya que en esta actividad las fases del crecimiento de los hongos comestibles mantienen una armonía con la naturaleza, tanto interna (los productores de hongos comestibles) como externa (pequeñas áreas que se ocupan para cultivar hongos comestibles), además de requerir poca cantidad de agua en cortos períodos de tiempo en comparación con otros productos alimenticios. El material de desecho después del cultivo de hongos comestibles puede ser usado para lombricomposta, proporcionando beneficios adicionales para los sistemas familiares de producción.

En esta investigación se estudiaron las condiciones agroambientales del municipio de Tetela de Ocampo, para desarrollar el cultivo y la producción de Hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) en condiciones rurales, desde la selección del sustrato local, hasta la elaboración de semilla o inóculo de manera artesanal, además de conocer la problemática sobre *Trichoderma* spp., y la falta de conocimiento o de aplicación oportuna de medidas de manejo, prevención y control de este hongo. Esto constituye una desventaja en el desarrollo del cultivo de hongos comestibles, ya que pueden generarse serias disminuciones en los rendimientos con las consecuentes pérdidas económicas. Los resultados muestran que la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus*, demostró un adecuado crecimiento de aéreas miceliales en la hoja de plátano deshidratada alcanzando una tasa de producción de 1.5 ± 0.1 %, la mayor Eficiencia Biológica (EB) se obtuvo en el sustrato paja de trigo con 129.34 ± 9.1 %, la hoja de plátano deshidratada con 123.30 ± 0.7 %, y la pajilla de frijol obtuvo la EB más baja de 82.91 ± 0.4 %, además la campana de flujo laminar rústica es una opción para la producción de semilla de hongos setas *P. ostreatus* a bajos costos y su implementación es accesible a cualquier productor.

Palabras claves: *Pleurotus ostreatus*, eficiencia biológica, desarrollo sustentable, sustrato.

I. INTRODUCCIÓN

En México el consumo de hongos forma parte del acervo cultural de la población rural, su conocimiento y uso fue muy importante en las culturas prehispánicas, sobre todo en las mesoamericanas; de tal manera que constituyeron parte de una estrategia de subsistencia basada en el uso múltiple de los recursos naturales. En ciertas regiones del país aún se realizan colectas de algunas especies comestibles por toda la familia con fines de autoconsumo y comercialización (Villarreal, 1995). Por otra parte, existe una coincidencia entre la distribución de los terrenos comunales (tradicción indígena) y las áreas de tradición micófaga (Bandala *et al.*, 1997).

Los hongos también tienen usos ornamentales, medicinales, ceremoniales, insecticidas y comestibles (Zamora *et al.*, 1995). En este sentido se han registrado más de 100 especies de hongos macroscópicos con uso medicinal, entre los géneros enunciados están los siguientes: *Fomitopsis*, *Laetiporus*, *Inonotus*, *Phellinus*, *Calvatia*, *Langermannia*, *Lycoperdon*, *Armillaria*, *Bovista*, *Pycnoporus*, *Calocybe*, *Lentinus*, *Legista*, *Pleurotus*; que han sido empleados para el tratamiento en alrededor de 100 padecimientos (Galván *et al.*, 1997).

El cultivo de hongos comestibles, principalmente el Champiñón en México se inició a finales de los años treinta y su crecimiento fue extraordinariamente lento durante los siguientes 50 años debido a varias razones, entre las que podemos señalar las siguientes: el poco consumo de éste producto, la nula información y difusión respecto al cultivo, y los problemas de contaminación. Estos factores hicieron de éste producto un alimento elitista y dio lugar a que el crecimiento de las empresas productoras de hongos fuera prácticamente unilateral (Martínez Carrera *et al.*, 1999; Martínez Carrera, 2000).

Respecto a la producción de hongos comestibles, en el caso del hongo seta, esta actividad se ha realizado a pequeña escala, debido a que la transferencia de tecnología hacia el sector rural no es conocida por la gran mayoría de productores. La tecnología empleada hasta ahora por los pequeños y medianos productores está basada en el manejo incorrecto de información, generando pérdidas económicas a los productores de hongos comestibles en las comunidades rurales (Martínez-Carrera *et. al.*, 2000). En México, en los últimos años la biotecnología de producción de hongos comestibles ha tenido una importancia relevante en la alimentación en el medio rural mexicano, ya que los hongos comestibles formaron una estrategia de subsistencia basada en el aprovechamiento de los recursos naturales (Aguilar, *et al.*, 2002). El objetivo principal de los productores e investigadores de hongos comestibles es incrementar la producción en una superficie destinada a esta actividad, en un período de tiempo corto, con el uso de cepas altamente productivas, utilizando subproductos de las regiones agrícolas como son principalmente: trigo, maíz, cebada, frijol y alberjón, etc.

La capacitación de la tecnología aplicada en el cultivo de hongos comestibles permite obtener grandes producciones en relativamente poco espacio, tiene una amplia capacidad de aceptación a nivel urbano y rural por sus propiedades alimenticias (**Tabla I**), utiliza racionalmente los subproductos agrícolas que se generan en la región, el sustrato es reciclado para ser utilizado como abono orgánico; además, arraiga la fuerza de mano de obra en sus propias localidades (Chang, y Miles, 2004).

Los países que más incrementaron su producción en el período 1995-2001 fueron: México (58.6%), Chile (17.6%) y Brasil (10.6%), lo que constituye el 86.8% de la producción total de hongos comestibles en Latinoamérica (Martínez-Carrera, 2002). De esta manera, en México la producción de hongos comestibles ha evolucionado a tal grado que es el principal productor en Latinoamérica, ocupando el vigésimo octavo lugar a nivel mundial y donde el consumo per cápita se ha incrementado lentamente en los últimos años. A diferencia de las actividades agrícolas, ganaderas, y forestales que llevan siglos de practicarse en México, la biotecnología de

producción de hongos comestibles tiene solamente 66 años de desarrollo estable y creciente (Martínez-Carrera, 1991b). Considerando el actual contexto nacional e internacional, es imprescindible promover una mayor investigación básica y aplicada, vinculada directamente al sector de producción rural y comercial de hongos comestibles, en regiones estratégicas del país.

Tabla I. Contenido de las propiedades alimenticias del hongo seta en comparación con otros productos de alto valor nutricional.

ALIMENTOS	LECHE	CARNE	PEZ	FRIJOL	SOYA	HONGO SETA
Calorías	60.00	150.00	101.00	313.00	366.00	350.00
Agua	88.00	71.00	78.04	11.09	9.50	12.60
Proteínas	3.40	21.50	17.90	22.80	34.00	34.30
Grasa	3.30	6.50	2.70	1.50	16.10	0.30
Carbohidratos	4.60	0.00	0.00	54.40	27.90	3.28
Fibra	0.00	0.00	0.00	6.00	7.30	0.50
Calcio	120.00	6.00	20.00	175.00	210.00	10.00
Fosforo	95.00	215.00	180.00	424.00	500.00	120.00
Hierro	0.20	2.70	0.70	4.70	8.90	1.35
Tiamina	0.04	0.08	0.03	0.46	0.77	0.60
Niacina	0.10	5.10	3.00	20.00	2.20	2.90

Con base en lo anterior, se establece que el papel de la biotecnología de producción de hongos comestibles, principalmente el hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) será pionera en su área para impulsar el desarrollo de zonas rurales y fundamental en el papel de fortalecer la sostenibilidad agrícola mediante el aprovechamiento y reciclaje de subproductos agroindustriales, para obtener un alimento socialmente aceptado, de alto valor medicinal, proteínico y comercial, además de generar fuentes de empleo en las comunidades rurales.

El objetivo del presente trabajo fue demostrar las bondades de la producción rural, mediante el uso de subproductos agrícolas de las comunidades rurales del municipio de Tetela de Ocampo-Puebla.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 PRODUCCIÓN COMERCIAL DE HONGOS COMESTIBLES EN MÉXICO

Los inicios del cultivo de hongos comestibles en México tuvieron lugar en 1933, en un rancho cercano a Texcoco, estado de México (Martínez-Carrera *et al.*, 1991b). Esto convirtió al país en el tercer lugar de América donde se emprendía dicho cultivo, sólo antecedido por E.U.A. (1880) y Canadá (1912). Actualmente, la producción de hongos comestibles en México ofrece notables ventajas sociales, económicas y ecológicas. Se estima que la producción comercial en fresco es de aproximadamente 28,895 toneladas anuales. Nuestro país es el mayor productor de Latinoamérica, ya que genera alrededor del 56% de la producción total de esa región y lo ubica como el 18o. productor a nivel mundial. El monto anual de las operaciones comerciales supera los 73 millones de dólares, generando alrededor de 15 mil empleos directos e indirectos. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 280,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas de las regiones rurales e industriales (Martínez-Carrera, 2000). A diferencia de otros países donde el cultivo de hongos comestibles es un negocio privado, su evolución en México ha tenido dos vertientes principales: el desarrollo industrial privado y la producción rural por el sector social. De esta manera se ve reflejado que el cultivo tiene gran importancia económica no solo para los grandes productores sino también para los pequeños productores rurales, que satisfacen sus necesidades locales y/o regionales (Martínez-Carrera *et al.*, 2000).

2.2 IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES EN EL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE

El término desarrollo significa primordialmente un incremento en la cantidad de bienes y servicios que produce una sociedad, pudiendo ser esta tan pequeña como una empresa familiar o tan grande como una empresa industrial, una ciudad, una comunidad, ó un área agrícola.

El desarrollo rural es el resultado de una serie de transformaciones cuantitativas y cualitativas que se producen dentro de la población rural y que permanece con el tiempo dando como resultado una elevación del nivel de vida, es decir, el desarrollo implica al mismo tiempo un progreso económico que se apoya sobre el progreso técnico (Díaz, 1987). El desarrollo sostenible tendrá como su objetivo una cultura que viva en armonía interna y externa. La interna es la relación social y esto corresponde a la dimensión etiológica; y la externa se extiende hacia la naturaleza en el sentido amplio: el aire, el agua, el suelo, las plantas, los animales, lo cual representa a la dimensión ecológica. El cultivo de hongos comestibles es un ejemplo claro del desarrollo sostenible, ya que en esta actividad las fases del crecimiento de los hongos comestibles mantienen una armonía con la naturaleza, tanto interna (los productores de hongos comestibles) como externa (pequeñas áreas que se ocupa para cultivar hongos comestibles), además de requerir poca cantidad de agua en cortos períodos de tiempo en comparación con otros productos alimenticios (**Tabla 2**). El material de desecho después del cultivo de hongos comestibles puede ser usado para alimento de animales, o para lombricomposta y, finalmente ser utilizados para fertilizantes de granos de cereales.

Tabla 2. Cantidad estimada de agua requerida para producir 1 Kg. de hongos comestibles frescos usando tecnologías rústicas, en comparación con la que se usa para producir otros productos y granos alimenticios.

Producto	Litros de agua utilizada
<i>Pleurotus ostreatus</i> (hongo seta)	28 a
Papa	500 b
Trigo	900 b
Alfalfa	900 b
Sorgo	1,100 b
Maíz	1,400 b
Arroz	1,912 b
Frijol	2,000 b
Pollo asado	3,500 b
Carne de res	100,000 b

a= Martínez Carrera

b= Dato de acuerdo a Pimentel *et al.* (1997).

2.3 PRINCIPALES COMPONENTES EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AL SECTOR RURAL

La transferencia de tecnología es un proceso complejo que no se presta a soluciones fáciles. Puede llegar a ser difícil de comprender en su conjunto, ya que requiere profundizar en una serie de aspectos legales y jurídicos relacionados con el derecho de propiedad que, por sí solos, constituyen un campo complejo y especializado. La generación de tecnologías es un concepto primordial que contribuye a resolver problemas de distinta índole, estas son generadas dentro de centros de investigación y, para demostrar su viabilidad deben ser transferidas al sector beneficiario de ellas. La transferencia de tecnología es un proceso interactivo que se da entre dos partes: el que la transfiere y el que la adquiere (Almanza, 1994).

La adopción es un asunto y una decisión individual; por tanto, está afectada por factores de conocimiento, de disponibilidad de recursos económicos y físicos, de habilidades y destrezas y por la disposición del productor de cambiar parcial o totalmente su forma tradicional de practicar la agricultura. Así mismo, se trata de un proceso de cambio que se inicia con el conocimiento de la innovación y termina con la adecuación y uso de la misma, pasando por las etapas intermedias de evaluación y prueba (Gaiska, 1997).

2.4 PERSPECTIVAS LA BIOTECNOLOGÍA DE HONGOS COMESTIBLES Y SU CONTRIBUCION AL DESARROLLO RURAL

A diferencia de las actividades agrícolas, ganaderas, y forestales que llevan siglos de practicarse en México, la biotecnología de producción de hongos comestibles tiene solamente 66 años de desarrollo estable y creciente. Por esta razón, el mayor impacto de los beneficios sociales, económicos, y ecológicos generados por esta actividad productiva tomará lugar a principios de este siglo. Sin embargo, considerando el actual contexto nacional e internacional, es imprescindible promover una mayor investigación básica y aplicada, vinculada directamente al sector de producción rural y comercial de hongos comestibles, en regiones estratégicas del

país. Si se establece una estrategia de desarrollo exitosa para el sector rural, que mantenga cuando menos las tendencias actuales, se logrará una producción total anual de 62,734 (\pm 2.493,520kg de proteína) y 103,096 (\pm 4.016,640 kg de proteína) toneladas de hongos comestibles para los años 2003 y 2007, respectivamente (Chang y Miles, 1989; Wasser y Weis, 1999).

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. Las estimaciones de las exportaciones de hongos comestibles frescos y procesados se 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 (Martínez-Carrera, *et. al.* 1998b).

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 \pm 50.575,794 tons. /año (Martínez-Carrera *et. al.*, 2000).

2.5 LITERATURA CITADA

- Aguilar, A., D. Martínez-Carrera, A. Macías, M. Sánchez, L.I. de Bauer, A. Martínez, 2002. Fundamental trends in rural mushroom cultivation in Mexico and their significance for rural development. In: Sánchez, J.E., G. Huerta, E. Montiel (eds.), Mushroom biology and mushroom products, Proc. 4th Intern. Conf. Cuernavaca, México, pp. 421-431.

- Almanza, S. 1994. Transferencia de biotecnología a países de desarrollo intermedio: algunas consideraciones generales. *BIOCIT SIGLO XXI* 8: 9.
- Chang, S. T. & P. G. Miles, 1989. *Edible mushrooms and their cultivation*. CRC Press Inc., Boca Raton.
- Chang, S.T., P.G. Miles, 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*. CRC Press. Boca Raton.
- Díaz, B. J. 1987. *¿Qué es comunidad rural?* Carrasquilla México.
- Gaiska, A. B., 1997. Programas de transferencia de tecnología agropecuaria en México (Análisis de casos). In: Mata, G. B., G. Pérez, 1. Sepúlveda, y F. de León (Coord.). *Transferencia de tecnología agropecuaria en México. Crítica y propuestas*. IICA, UACH, UAM, México.
- Guzmán, G., 1997. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Instituto de Ecología. Xalapa, pp 111,117.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmenes, C. Soto-Velazco, L. Guzmán- Dávalos, 1993. *El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales*. IPN. México D.F., 245 pp.
- Martínez-Carrera, D., 2000. Mushroom biotechnology in tropical America. *International Journal of Mushroom Science* 3: 9-20.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué, M. Aliphat, A. Aguilar, M. Bonilla & W. Martínez, 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria. Academia Mexicana de Ciencias CONACYT, México, D.F.pp.193-207.ISBN968-7428-11-2.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, A. Aguilar, M. Navarro, M. Bonilla & A. Larqué-Saavedra, 1998b. Canning technology as an alternative for management and conservation of wild edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 35-51.

- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal & A. Larqué-Saavedra, 1991b. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* 96: 33-43.
- Pimentel, D., J. Houser, E. Preiss, O. White, H. Fang, L. Mesnick, T. Barsky, S. Tariche, J. Schreck & S. Alpert, 1997. Water resources: agriculture, the environment, and society. *Bioscience* 47: 97-106.
- Wasser, S. P. & A. L. Weis, 1999. Medicinal properties of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: current perspectives (review). *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1: 31-62.

III. METODOLOGÍA

La generación de tecnologías es un concepto primordial que contribuye a resolver problemas de distinta índole, estas son generadas dentro de centros de investigación (BUAP) y, para demostrar su viabilidad deben ser transferidas al sector beneficiario. La transferencia de tecnología que se está proponiendo en este trabajo de investigación, en el cultivo de hongo seta, es importante para la producción regional y local, ya que esta improvisando e innovando la producción a bajos costos y utilizando los subproductos regionales del sector rural, en Tetela de Ocampo-Puebla. La producción de hongos comestibles constituye una alternativa en la producción de alimentos en el medio rural, porque no afecta los valores, ni las actividades centrales de la vida campesina y tampoco daña su entorno ecológico.

Para la realización de la presente investigación, se describen los componentes principales para la producción sustentable de hongo seta, dentro de la siguiente línea estratégica;

AMBIENTAL

El trabajo de campo se realizó en la Comunidad de Benito Juárez, del Municipio de Tetela de Ocampo; Puebla, México, que se localiza en la Sierra Norte del Estado de Puebla, donde los recorridos de campo se realizaron los días primeros de cada mes, realizando transeptos dentro de la zona de estudio (constituida, principalmente por bosque de coníferas), se platicó con los recolectores de hongos para conocer las especies comestibles y nombres comunes más reconocidos del lugar. Entre la variedad hongos que existen en la naturaleza, la mayoría tienen aplicaciones en la agroindustria, la medicina y poseen propiedades alimentarias, alucinógenas, toxicológicas, entre otras.

TECNOLÓGICA

La línea tecnológica se basó en tres componentes principales, el primero, enfatizó la importancia del principal agente contaminante en el cultivo de hongos comestibles (*Trichoderma harzianum*), así como la interacción entre el cultivo de hongo seta, el segundo marca la utilización de subproductos agrícolas regionales para la producción de la cepa de *Pleurotus ostreatus* (CP-50) en condiciones rurales, además de aportar un nuevo sustrato (hoja de plátano deshidratada) para su utilización en el cultivo, el tercer componente indica la producción de inóculo de hongo seta en una campana de flujo laminar rústica y con sustratos locales, con el fin de cerrar el ciclo de producción para los pequeños productores de Tetela de Ocampo.

ECONÓMICA

La línea económica se basó principalmente en la reducción de costos de producción en el cultivo de hongo seta, desde la elaboración de sustratos y la producción de inóculo en condiciones rurales, donde resalta la importancia de utilizar subproductos agrícolas del municipio de Tetela de Ocampo como el maíz, frijol, cebada etc., además de generar autoempleo para la unidad de producción familiar y aumentar la disponibilidad de hongos comestibles todo el año.

La tesis está estructurada en 5 capítulos. En los primeros cuatro, de acuerdo a la línea estratégica de la investigación se describen los componentes principales para la producción sustentable de hongo seta que permitan vislumbrar su potencialidad como sistema alternativo de bioconversión ecológica, generación de alimento nutritivo y como medio de desarrollo económico-social, cada uno de los capítulos esta publicado en revistas científicas internacionales sustentando los resultados obtenidos de esta investigación. El último capítulo, resalta la estrategia de producción de hongo seta, propuesta para esta investigación.

IV. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 Hipótesis

4.1.1 Hipótesis general:

Las condiciones agroambientales del municipio de Tetela de Ocampo son apropiadas para implementar el cultivo sustentable de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*), a través del aprovechamiento de subproductos regionales.

4.1.2 Hipótesis Particulares

1. Las condiciones ambientales permiten el desarrollo de hongos comestibles en el municipio de Tetela de Ocampo.
2. La CP-50 de *Pleurotus ostreatus* se adapta a los principales subproductos agrícolas regionales como son el maíz, frijol y cebada sin afectar su crecimiento, sus características morfológicas y producción.
3. El sustrato de la hoja de plátano (*Musa paradísaca* L.) deshidratada permite el desarrollo de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus* en condiciones rurales.
4. La utilización de una campana de fabricación rústica permite elaborar inóculo de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus*, sin afectar su viabilidad y características morfológicas.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo General:

Desarrollar un paquete tecnológico que permita la producción rural y sustentable de hongo seta en el municipio de Tetela de Ocampo-Puebla.

4.2.2 Objetivos Particulares:

1. Determinar la variabilidad de hongos silvestres y el tiempo de fructificación en el municipio de Tetela de Ocampo-Puebla.
2. Evaluar la tasa de producción y eficiencia biológica de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus*, en diferentes sustratos locales y regionales.
3. Evaluar el tiempo de biodegradación y calidad de los cuerpos fructíferos de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus*, en diferentes sustratos locales y regionales.
4. Determinar la viabilidad de una campana de fabricación rústica para la elaboración de inóculo (semilla) de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus*.
5. Diseñar una estrategia de producción sustentable de hongo seta en condiciones rurales del municipio de Tetela de Ocampo-Puebla.

CAPÍTULO I

Diversidad de Hongos Silvestres en la Comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo; Puebla, México *

1.0 RESUMEN

Los estudios sobre los hongos silvestres de la Sierra Norte del estado de Puebla, son muy escasos a la fecha. Hecho que hace necesario el levantamiento de inventarios que puedan dar a conocer las principales especies que existen en la zona. Los hongos son muy valiosos por establecer relaciones micorrizicas, así mismo son los principales agentes responsables de la desintegración de la materia orgánica de desecho producida por el hombre y animales; formando humus que es muy importante para el mantenimiento de la fertilidad de los suelos forestales, favoreciendo su diversificación ya que pueden desarrollarse en cualquier medio. Con el objetivo de identificar y registrar las principales especies de hongos silvestres que habitan en la Sierra Norte de Puebla, se realizaron colectas entre los meses de Junio-Octubre de 2007 en el municipio de Tetela de Ocampo, con autorización de colecta científica emitida por SEMARNAT en el oficio SGPA/DGVS/05065/07. La identificación se hizo en base a características fenotípicas y del hábitat. Las características macroscópicas registradas fueron: medidas del tallo y carpóforo, color, aspecto, presencia de anillo en el tallo y lugar de ubicación UTM (*Universal Transversa of Mercator*), posteriormente se estudiaron e identificaron en el laboratorio por medio de sus características microscópicas, utilizando claves taxonómicas.

* Research Journal of Biological Sciences
Year: 2009 | Volume: 4 | Issue: 2 | Page No. 179-186
DOI: 10.3923/rjbsci.2009.179.186

El hábitat se estudió en base a tipo de árboles con los que cohabitaban. Como resultado, se identificaron 10 géneros y 16 familias diferentes de hongos macromicetos, entre las que se encuentran: *Amanita muscaria*, *Amanita caesaria*, *Amanita virosa*, *Amanita pantherina*, *Amanita phalloides*, *Boletus edulis*, *Ganoderma aplanatum*, *Lactarius deliciosus*, *Lycoperdon perlatum*, *ramaria flava*, *Russula emética*, etc., de las cuales las familias más frecuentes fueron *Rusulaceae*, *Agaricaceae* y *Marasmiaceae*, para los meses de Julio-Octubre. Se encontraron 17 especies de hongos comestibles, 7 especies de hongos tóxicos, 7 especies de hongos saprofitos, 13 especies de hongos micorrízicos y 1 especie de hongo medicinal. Con respecto a la relación con el hábitat natural que le rodea, estos hongos se encontraron en bosques de pino, encino con poca, mediana o mucha intervención, al igual que en campos abiertos.

1.1 INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numerosos en la Tierra, después de los insectos. Se calcula que hay más de 1, 500,000 especies de hongos, por lo que su impacto en el medio ambiente es enorme (Hawksworth, 1991). La diversidad de estos organismos que existen en el país es de aproximadamente 200,000 especies de hongos, de las cuales se conocen 7,000 (Guzmán, 1998).

En los bosques de México crecen más de 200 especies de hongos comestibles, muchas de las cuales son muy abundantes en la época de lluvias. Se encuentran ampliamente distribuidos en los bosques de coníferas, de encinos o de pinos, así como en las llanuras, aunque su crecimiento es posible en cualquier medio, por ello que hay una gran diversidad de hongos susceptibles de ser explotados (Guzmán, 1977). Los hongos realizan una labor de primera importancia en los ecosistemas donde viven, ya que representan junto con otros organismos, un importante eslabón en la cadena alimenticia (Seymour, 1985).

La mayoría de ellos juegan un papel vital en el mantenimiento de los ecosistemas, debido a que se encargan de los restos vegetales y animales que hay en el suelo (saprofitos), degradando la materia orgánica e incorporando al medio los elementos que luego serán la base para la nutrición de organismos vegetales. De esta manera, los hongos cumplen con el mantenimiento del equilibrio del ciclo materia-energía (Chacón *et al.*, 1995). El bosque también necesita de los hongos, ya que forman en las raíces de los árboles asociaciones simbióticas llamadas micorrizas, indispensables para la vida de los árboles (Herrera, 2003; Ulloa, 1991). Otros hongos degradan el ácido húmico, el cual es la principal fracción de la materia orgánica del suelo (Steffen *et al.*, 2002), algunos han contribuido de manera importante al progreso de la química y la farmacología (Michelot *et al.*, 2003) y muchos más son comestibles (Ferrera-Cerrato, 1976; Moreno, 1990).

Respecto a la comercialización de los hongos silvestres en México, se menciona que el interés en el extranjero se ha incrementado, según las estadísticas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la recolección de los hongos silvestres comestibles en 1999 en todo el país fue de 112 ton. Cabe señalar que la información estadística disponible corresponde a la producción reportada oficialmente con las notificaciones de aprovechamiento forestal, pero podemos pensar que tales cifras subestiman en gran medida la producción total de hongos silvestres en el país (UNEP – WCMC, 2003). Entre 1984 y 1987, México exportó hongos a Estados Unidos, Puerto Rico, El Salvador, Guatemala, Reino Unido, Suecia, Alemania Occidental, Belice, España y Panamá por un valor cercano a medio millón de dólares (Villarreal y Pérez Moreno, 1989). Cabe destacar que la distribución geográfica de los hongos en el ámbito nacional comprende 28 entidades federativas, entre las cuales sobresalen, desde el punto de vista de la producción, el Estado de México, Veracruz, Michoacán, Oaxaca y Puebla (Villarreal, 1995). Por tal motivo, se realizó el presente trabajo con el objetivo de identificar y registrar las principales especies de hongos silvestres que habitan en la Sierra Norte de Puebla.

1.3 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en la Comunidad de Benito Juárez, del Municipio de Tetela de Ocampo; Puebla, México, que se localiza en la Sierra Norte del Estado de Puebla, ubicándose en los paralelos 19° 43' 00" y 19° 57' 06" de latitud norte y los meridianos 97° 38' 42" y 97° 54' 06" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Cuautempan y Tepetzintla, al Sur con Ixtacamaxitlán, al Oeste con Xochiapulco y Zautla, y al Poniente con Aquixtla, Zacatlán e Ixtacamaxitlán (**Figura 1**).

Esta comunidad presenta un clima templado subhúmedo que van del C (w1) en la parte sur a C (w2) en la porción norte. La altura del Municipio oscila entre 1,500 y 3,000 metros sobre el nivel del mar, se identifican suelos pertenecientes a los siguientes grupos: a) Andosol; cubre el noroeste del municipio (presenta fase lítica, roca a menos de 50 centímetros de espesor), b) Feozem; ocupa una angosta franja al sureste del municipio (presentan fase lítica profunda), c) Luvisol; ocupa aproximadamente el 75 por ciento del municipio.

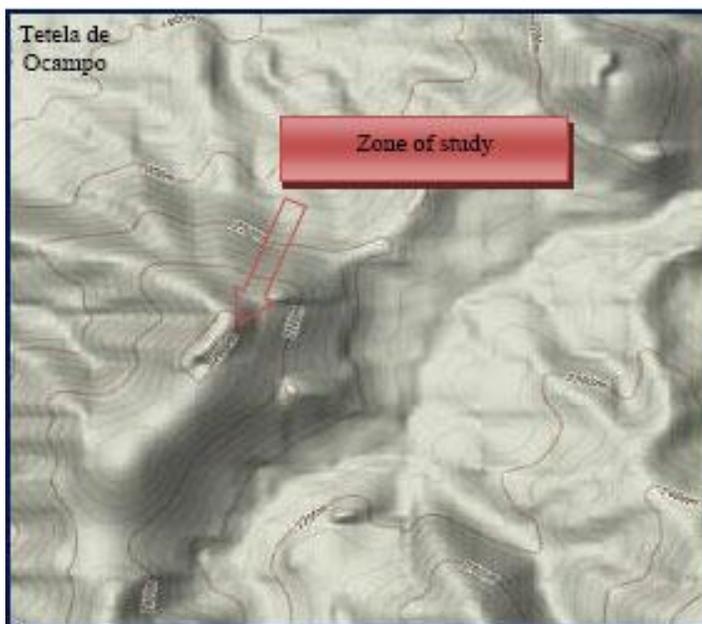


Fig. 1 Comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla.

Además la zona de estudio se localiza en la vertiente hidrográfica (RH27bd) septentrional del estado de Puebla, vertiente formada por las distintas cuencas parciales de los ríos que desembocan en el Golfo de México.

El municipio presenta la mayor parte de su territorio cubierto de bosques, tanto de pinos, como de asociaciones de pino-encino, destacan los siguientes: pino colorado, lacia y ayacahuite; encino colorado, cesante y oyamel. Entremezclados en las zonas montañosas, generalmente a los lados de las carreteras y de algunos ríos, se encuentran áreas incorporadas a la actividad agrícola de tipo temporal, que poco a poco le han ido ganando terreno a los bosques. Las colectas de hongos silvestres se iniciaron en el mes de Junio y concluyeron en el mes de Octubre.

La metodología utilizada consistió en recorridos de campo los días primeros de cada mes, realizando transectos dentro de la zona de estudio (constituida, principalmente por bosque de coníferas: pino-encino), se platicó con los recolectores de hongos para conocer las especies comestibles y nombres comunes más reconocidos del lugar. Para la determinación de los especímenes se utilizaron las técnicas básicas en micología propuestas por (Guzmán, 1977; Pacioni, 1980; Largent *et al.* 1977; y Caballero A. 2000) para la mayoría de los macromicetos y las de Gilbertson y Ryvardeen (1986) para los hongos poliporoides.

A los hongos recolectados se les tomaron características macroscópicas en fresco tales como: tamaño, forma, color, textura y consistencia en las diferentes partes del basidioma (píleo, contexto, himenóforo y estípite). Además, se hicieron preparaciones temporales con KOH al 5% y reactivo de Melzer, realizando cortes transversales y longitudinales de las diferentes partes del basidioma. Se tomaron las características microscópicas de importancia taxonómica tales como: tamaño, forma y color de las esporas, basidios, cistidios, setas e hifas, así como también se observó el tipo de sistema hifal y presencia de fíbulas. Los especímenes se determinaron con los trabajos de Burt (1966), Corner (1970), Chacón y Guzmán (1983), Dennis (1978), Gilbertson y Ryvardeen (1986), Heim (1931), Pérez-Silva (1967), Rifai (1968), Ryvardeen, L., (1991), Largent, D., (1973). Para el arreglo taxonómico de los grupos de hongos considerados en este trabajo se utilizó el sistema de clasificación propuesto por Hawksworth *et al.* (1995).

1.4 RESULTADOS

En los transectos realizados dentro de los bosques de la comunidad de Benito Juárez, de Tetela de Ocampo, Puebla, se determinaron un total de 370 especies de hongos adscritas a 10 géneros, incluidos en 16 familias, todas pertenecientes a la división *Basidiomycota* (**Tabla 3**). En la zona de estudio se detectaron 17 especies de hongos de importancia gastronómica, entre las que se encuentran: *Agaricus campestre*, *Agaricus silvícola*, *Amanita caesarea* (**Figura 7**), *Xerocomus badius*, *Suillus brevipes*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Craterellus cornucopioides*, *Helvella pythyophila*, *Helvella lacunos*, *Macrolepiota procera*, *Calvatia utriformis*, *Armillaria mellea*(**Figura 3**), *Ramaria flava*, *Lactarius volemus*, *Lactarius deliciosus*, *Clitocybe nebularis*, las cuales son objeto de recolecta y venta en el municipio y municipios aledaños de la Sierra Norte del estado de Puebla. Con respecto a los hongos tóxicos o venenosos, se observan 7 especies, siendo las más peligrosas: *Amanita muscaria* (**Figura 2**), *Amanita phalloides*, *Amanita pantherina*, *Amanita virosa*, *Amanita verna*, *Rusula virecens* y *Rusula emética* (**Figura 4**), *Panaeolus sphinctrinus* (Herrera y Pérez-Silva, 1984). Se encontró una especie de hongos medicinales: *Ganoderma aplanatum* (**Figura 5**), que se emplea en los países orientales para curar ciertos tipos de cáncer (Hobbs, 1996). Los hongos saprófitos encontrados fueron: *Anthurus archeri*, *Geastrum triplex*, *Hygrophorus roseodiscoideus*, *Lycoperdon gemmatum* (**Figura 6**), *Baeospora myosura* (Guzmán, G. 1987).



Fig-2 Amanita muscaria
Recolector: Omar Romero Arenas
Colectado en Bosque de Pino



Fig-3 Armillaria mellea
Recolector: Luis A. Bonilla Vázquez
Colectado en Bosque de Pino



Fig-4 Rusula emética
Recolector: Omar Romero Arenas
Colectado en Bosque de Pino-Encino

Los hongos micorrízicos fueron abundantes en la región, registrándose un total de 13 especies. Estos son importantes porque se emplean en programas de reforestación, destacándose, entre otros: *Strobilomyces strobilaceus*, *Cantharellus cibarius*, las especies de *Amanita*, como *A. muscaria*, *A. pantherina*, *A. caesarea*, *A. phalloides*, *A. virosa* y *A. Verna*; especies de *Lactarius*, como *L. volemus* y *L. deliciosus*, así como algunos boletáceos: *Boletellus edulis*, *Xerocomus badius* y *Suillus brevipes*, todos éstos micorrizógenos característicos de bosques de pinos y encino (Moreno, 2005).

Tabla 3. Diversidad de hongos silvestres en la comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla. Año 2007.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	COORDENADAS UTM	NO. SPP	PERIODO	LUGAR
Agaricaceae	<i>Coprinus disseminatus</i>	N19 48.445 : W97 48.102	16	junio-septiembre	A
Agaricaceae	<i>Agaricus campestre</i>	N19 48.393 : W97 48.016	39	junio-agosto	B
Agaricaceae	<i>Agaricus silvicola</i>	N19 49.045 : W97 47.633	12	julio-agosto	B
Agaricaceae	<i>Macrolepiota procera</i>	N19 48.396 : W97 48.012	2	agosto-octubre	A
Agaricaceae	<i>Calvatia utriformis</i>	N19 48.435 : W97 48.111	3	julio-agosto	C-B
Amanitaceae	<i>Amanita caesarea</i>	N19 48.810 : W97 47.474	5	agosto-septiembre	A
		N19 48.799 : W97 47.449	8	agosto-septiembre	C
Amanitaceae	<i>Amanita muscaria</i>	N19 48.786 : W97 47.495	9	agosto-septiembre	C
Amanitaceae	<i>Amanita phalloides</i>	N19 48.905 : W97 47.591	2	junio-septiembre	A
Amanitaceae	<i>Amanita pantherina</i>	N19 48.810 : W97 47.481	4	agosto-septiembre	C
Amanitaceae	<i>Amanita virosa</i>	N19 48.395 : W97 48.024	1	agosto-octubre	C
Amanitaceae	<i>Amanita verna</i>	N19 48.819 : W97 47.462	1	junio-septiembre	A
Bolbitiaceae	<i>Panaeolus sphinctrinus</i>	N19 48.902 : W97 47.587	7	junio-agosto	B
Boletaceae	<i>Xerocomus badius</i>	N19 48.415 : W97 48.079	14	julio-agosto	A
Boletaceae	<i>Suillus brevipes</i>	N19 48.516 : W97 48.100	18	julio-septiembre	C
Boletaceae	<i>Boletus edulis</i>	N19 48.839 : W97 47.480	2	junio-septiembre	A
Cantharellaceae	<i>Cantharellus cibarius</i>	N19 48.416 : W97 48.087	2	julio-agosto	D
Cantharellaceae	<i>Craterellus cornucopioides</i>	N19 48.506 : W97 48.095	5	julio-septiembre	D
Clathraceae	<i>Anthurus archeri</i>	N19 48.459 : W97 48.105	1	septiembre-octubre	C
Ganodermataceae	<i>Ganoderma applanatum</i>	N19 48.908 : W97 47.593	2	septiembre-octubre	D
Geastraceae	<i>Geastrum triplex</i>	N19 48.785 : W97 47.495	4	julio-agosto	C
Helvellaceae	<i>Helvella pythyophila</i>	N19 48.425 : W97 48.096	1	agosto-octubre	A
Helvellaceae	<i>Helvella lacunosa</i>	N19 48.387 : W97 48.048	1	julio-agosto	A
Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus roseodiscoideus</i>	N19 48.398 : W97 48.022	34	julio-agosto	A
Lycoperdaceae	<i>Lycoperdon gemmatum</i>	N19 48.462 : W97 48.096	9	junio-agosto	C
Marasmiaceae	<i>Armillaria mellea</i>	N19 48.527 : W97 48.135	47	julio-septiembre	C
Ramariaceae	<i>Ramaria flava</i>	N19 48.862 : W97 47.503	17	agosto-octubre	A
Russulaceae	<i>Lactarius volemus</i>	N19 48.835 : W97 47.488	1	julio-octubre	A
Russulaceae	<i>Lactarius deliciosus</i>	N19 48.821 : W97 47.474	2	agosto-octubre	A
Russulaceae	<i>Rusula virecens</i>	N19 48.523 : W97 48.148	38	julio-septiembre	A
Russulaceae	<i>Rusula emetica</i>	N19 48.524 : W97 48.147	49	julio-octubre	A
Strobilomycetaceae	<i>Strobilomyces strobilaceus</i>	N19 48.390 : W97 48.021	6	julio-septiembre	A
Tricholomataceae	<i>Baeospora myosura</i>	N19 48.396 : W97 48.013	7	junio-agosto	C
Tricholomataceae	<i>Clitocybe nebularis</i>	N19 48.482 : W97 48.091	2	agosto-octubre	D

- A) Bosque de Pino-Encino,
- B) Pastizal,
- C) Bosque de Pino y
- D) Bosque de Encino

La diversidad de esta zona de estudio tiene gran importancia micológica ya que encontramos en primer lugar a la familia de la *Rusulaceae* con el 24%, seguida de la familia *Agaricaceae* con 18 % y en tercer lugar a los de la familia *Marasmiaceae* con 13%. Las demás familias ocuparon un porcentaje inferior (**Figura 8**).

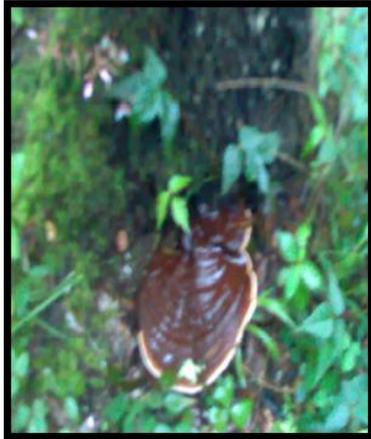


Fig. 5 *Ganoderma applanatum* Recolector: Luis A. Bonilla Vázquez
Colectado en Bosque de Encino



Fig. 6 *Lycoperdon gemmatum*
Recolector: Omar Romero Arenas
Colectado en Bosque de Pino-Encino



Fig. 7 *Amanita caesarea*
Recolector: Jaime Juárez Hurta
Colectado en Bosque de Pino-Encino

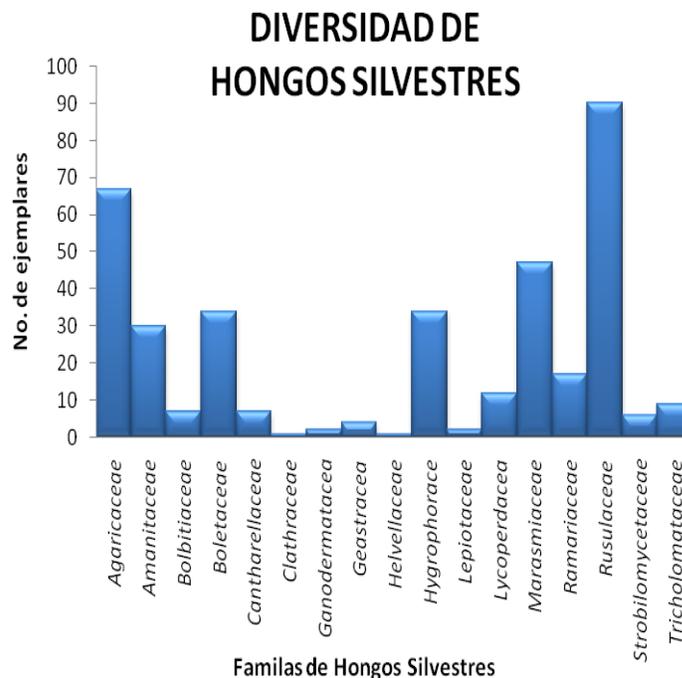


Fig. 8 Diversidad por familia de hongos silvestres en la comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla. Año 2007.

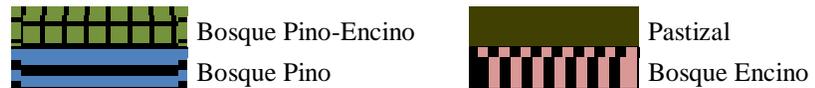
En el bosque de pino las especies más abundantes fueron: *Amanita muscaria*, *Amanita pantherina*, *Amanita virosa*, *Suillus brevipes*, *Anthurus archeri*, *Geastrum triplex*, *Lycoperdon gemmatum*, *Armillaria mellea* y *Baeospora myosura*, mientras que en el de *Quercus* sobresalen en producción *Cantharellus cibarius*, *Craterellus cornucopioides*, *Ganoderma applanatum*, *Clitocybe nebularis*, la mayor población de especies de hongos silvestres fue en el bosque de pino-encino; *Coprinus disseminatus*, *Amanita caesarea*, *Amanita phalloides*, *Amanita verna*, *Xerocomus badius*, *Boletus edulis*, *Helvella pythyophila*, *Helvella lacunosa*, *Hygrophorus roseodiscoideus*, *macrolepiota procera*, *Ramaria flava*, *Lactarius volemus*, *Lactarius deliciosus*, *Rusula virecens*, *Rusula emética* y *Strobilomyces strobilaceus*. El período de mayor producción en el bosque de pino fue el comprendido entre junio y septiembre y en el bosque de encino se obtuvo entre los meses de julio a octubre.

En el bosque de pino-encino, el punto máximo de producción se localizó entre el mes de julio y octubre, mientras que en el de pastizal el punto máximo de producción fue entre julio-agosto (**Tabla 4**). Después de los puntos máximos se presentó un rápido decremento en la producción de cuerpos fructíferos, lo que se debió al cambio de estación y los periodos de lluvia.

Tabla 4. Aparición de cuerpos fructíferos de los hongos silvestres colectados en la comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla. Año 2007.

NOMBRE CIENTIFICO	MES DE COLECTA					No. SPP
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEBRE	OCTUBRE	
<i>Coprinus disseminatus</i>	█	█	█	█		16
<i>Agaricus campestre</i>	█	█	█	█		39
<i>Agaricus silvicola</i>	█	█	█			12
<i>Amanita caesarea</i>		█	█	█	█	5
<i>Amanita muscaria</i>			█	█	█	8
<i>Amanita phalloides</i>	█	█	█	█	█	9
<i>Amanita pantherina</i>			█	█	█	2
<i>Amanita virosa</i>			█	█	█	4
<i>Amanita verna</i>	█	█	█	█	█	1
<i>Panaeolus sphinctrinus</i>	█	█	█			1
<i>Xerocomus badius</i>		█	█	█		7
<i>Suillus brevipes</i>	█	█	█	█	█	14
<i>Boletus edulis</i>		█	█	█	█	18
<i>Cantharellus cibarius</i>		█	█	█		2
<i>Craterellus cornucopioides</i>		█	█	█		2

<i>Anthurus archeri</i>					5
<i>Ganoderma applanatum</i>					1
<i>Geastrum triplex</i>					2
<i>Helvella pythyophila</i>					4
<i>Helvella lacunosa</i>					1
<i>Hygrophorus roseodiscoideus</i>					1
<i>macrolepiota procera</i>					34
<i>Calvatia utriformis</i>					2
<i>Lycoperdon gemmatum</i>					3
<i>Armillaria mellea</i>					9
<i>Ramaria flava</i>					47
<i>Lactarius volemus</i>					17
<i>Lactarius deliciosus</i>					1
<i>Rusula virecens</i>					2
<i>Rusula emetica</i>					38
<i>Strobilomyces strobilaceus</i>					49
<i>Baeospora myosura</i>					6
<i>Clitocybe nebularis</i>					7



1.5 DISCUSIÓN

Acerca de la importancia ecológica de especies de hongos silvestres, los datos de este estudio coincidieron con Mohedano (1992), en que la familia más importante dentro de la comunidad de Benito Juárez, Tetela de Ocampo Puebla-México, por el número de especies registradas, fue *Russulaceae*. Asimismo, fue notable el valor de importancia de especies de esta familia, tanto en el Bosque de Encino, como en el Bosque de Pino-Encino. Por su parte, los aspectos acerca de las especies de hongos que forman estructuras micorrízicas, merecen estudiarse detalladamente. *Lactarius deliciosus* es fácilmente confundible con *Rusula emetica* y *Russula virecens* que pueden ocasionar micetismo gastrointestinal (Pérez-Silva, 2004). Respecto a la familia *Hygrophoraceae* se observó que *Hygrophorus roseodiscoideus* se presenta con espontaneidad en el bosque de pino-encino, los cuales presentan una distribución amplia en México (Guevara *et al.*, 1985; Pérez-Silva y León de la Luz, 1997).

En la familia *Marasmiaceae* se clasificó la especie comestible *Armillaria mellea*, que es parásita de plantas superiores como *Quercus* spp., *A. mellea* se introduce a nivel del cambium o en las raíces, este hongo causa daños como podredumbre de raíces y base del tronco, su desarrollo se intensifica sobre plantas leñosas debilitadas por problemas diversos como, por ejemplo, encharcamientos, humedales permanentes en suelos arcillosos, etc. Su ataque puede producir la muerte de los árboles, por falta de absorción de agua y minerales, al acabar pudriendo las raíces, apareciendo debajo de la corteza del árbol un micelio algodonoso, blanco y lechoso (Welden y Guzmán, 1978; Varela y Cifuentes, 1979; Guzmán y Guzmán-Dávalos, 1984; Pérez-Silva y León de la Luz, 1997).

En cuanto a los hongos tóxicos *Amanita muscaria* fue la especie mejor representada con 9 ejemplares, esta especie pueden ocasionar micetismo muscarínico, mientras que *A. Pantherina*, micetismo panterínico, el más peligroso es el micetismo faloidiano, derivado del consumo de, *Averna A. virosa* (Pérez-Silva y Herrera, 1991). Numerosos taxones son bien conocidos en la micobiota de México: dentro de los más importantes y de mayor distribución se encuentra el género amanita (Acosta y Guzmán, 1984; Pérez-Silva y Herrera, 1991; Pérez-Silva y León de la Luz, 1997).

La mayoría de las especies comestible estudiadas provienen de bosque de pino-encino y de bosque de encino, las especies identificadas con mayor uso culinario dentro de la región fueron: *Amanita caesarea* *Suillus brevipes*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Calvatia utriformis*, *Ramaria flava*, *Lactarius deliciosus*, *Clitocybe nebularis*, que corresponden a taxones frecuentemente citados para México (Aguirre y Pérez-Silva, 1978; Welden y Guzmán, 1978; Pérez-Silva *et al.*, 1983; Guevara *et al.*, 1985).

Varias familias de *Suillaceae*, *Boletaceae* y *Strobilomycetaceae* consideradas en este estudio son comestibles y micorrízicas: *Xerocomus badius*, *Suillus brevipes*, *Boletus edulis* y *Strobilomyces strobilaceus*, fructificando principalmente en bosques de pino-encino y encino durante el verano como se ha observado en diversas

entidades de México (Welden y Guzmán, 1978; Varela y Cifuentes, 1979; García y Castillo, 1981; Pérez- Silva y Aguirre, 1986; Pérez-Silva y León de la Luz, 1997).

Los taxones observados en la localidad de estudio se han citado en diversos estados del país (Welden y Guzmán, 1978; Varela y Cifuentes, 1979; Castillo et al., 1979; Pérez-Silva y Aguirre, 1986; Montoya y Bandala, 1996; Pérez-Silva y León de la Luz, 1997).

1.6 CONCLUSIONES

La comunidad de Benito Juárez presentó una gran diversidad de hongos silvestres, lo que se debió a la gran variedad de climas, suelos y vegetación. En este estudio se actualizó el conocimiento que se tiene sobre las especies de hongos de la Sierra Norte del estado de Puebla, el cual arrojó un total de 370 especies reconocidas. Dada la gran diversidad de tipos de vegetación existentes en la Sierra, es posible que haya un mayor número de especies de hongos, ya que en el presente trabajo solo se estudiaron las especies de los bosques de coníferas y espacios abiertos.

Se encontró que el bosque de pino-encino tuvo mayor diversidad de especies fúngicas y mayor producción que el bosque de pino o encino por separado. El período de mayor producción en el bosque de pino-encino se encuentra entre los meses de julio a octubre, en tanto que para el bosque de encino fue entre los meses de julio a octubre. Es importante determinar adecuadamente las especies de plantas a las que están asociados estas familias de hongos silvestres para estudios posteriores.

Por otro lado, se recomienda realizar estudios para conocer los géneros y especies de los diferentes tipos de bosques, con el fin de caracterizarlos, identificarlos correctamente y poder hacer un manejo adecuado de este recurso natural, para que sean consideradas en los programas de uso sustentable de estos ecosistemas particulares, para favorecer su conservación. Esto debido, a que la constante

alteración del ecosistema pone en grave riesgo las poblaciones de hongos, así como a las propias especies vegetales a las que están asociadas a los sistemas forestales. La mayoría de los asociados entre estos hongos y los bosques juegan un papel importante en el ecosistema forestal al formar simbiosis mutualista con algunas especies de árboles.

1.7 LITERATURA CITADA

- Burt, E.A. 1966. The *Thelephoraceae of North America* I-XV. Hafner Publishing Co., Inc. New York. 185-354 pp.
- Caballero A. 2000. Fungy de la Rioja. Claves prácticas para la determinación de las clases y familias de hongos *macromycetes* más comunes, representativas e interesantes de nuestra flora. España. 6 pp.
- Chacón, S y G. Guzmán. 1983. “*Ascomycetes* poco conocidos en México”. *Bol. Soc. Mex. Mic.*, 18:183-218.
- Chacón, S., Guzmán, G., Montoya, L. y Bandala, V.M. 1995. Guía ilustrada de los hongos del jardín Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y Áreas circunvecinas. 1ª Edición. Instituto de Ecología. A.C. Xalapa Veracruz.
- Corner, E. J. H. 1970. Supplement to “A Monograph of *Clavaria* and Allied Genera”. Verlag Von. Cramer. 302 pp.
- Dennis, R. W.G. 1978. *British Ascomycetes*. A. R. Ganther Verlag K. G. Vaduz. 585 pp.
- Ferrera-Cerrato, R. 1976. Micorriza. Examen predoctoral. Especialidad Microbiología. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México, D. F. 96 pp.
- Gilbertson, R.L. y L. Ryvarden. 1986. *North American Polypores*. Abortiporus-Lindteria. vol. 1. Fungiflora. Oslo, Norway. 443 pp.
- Guzmán, G. 1977. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Ed. Limusa. México, D.F.

- Guzmán, G. 1987. Identificación de los hongos comestibles venenosos alucinantes y destructores de la madera. Cuarta reimpresión. Edit. LIMUSA. México. 451 pp.
- Guzman, G. 1998. Inventorying the fungi of México. *Biod. and Conser.* 7: 369-384.
- Hawksworth, D. L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycol. Res.* 95: 641-655.
- Hawksworth, D.L., P.M. Kirk, B.C. Sutton y D.N. Pegler. 1995. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi. Eighth edition. CAB International. University Press, Cambridge. 616 pp.
- Heim, R., 1931. Le Genre *Inocybe*. Encyclopedie Mycologique I. P. Lechevalier & Fils, Paris 429 pp.
- Herrera T, y E. Pérez-Silva. 1984. Descripción de algunas especies del género *Amanita*. *Biol. Soc. Méx. Mic.*19:265-275.
- Herrera, T. 2003. "Desconocidas, el 95% de las especies de hongos en México". Boletín UNAM. Julio. pp 13-16.
- Hobbs, C. 1996. Medicinal Mushrooms. An exploration of Tradition, healing & Culture. Interwave Press, Inc. 232 pp.
- Largent, D., 1973. How to identify mushrooms to genus, I. Macroscopic Features. Mad River press, Eureka. 125 pp.
- Largent, D., D. Johnson y R. Watling. 1977. How to identify mushrooms to genus III: Microscopic features. Mad River Press. Eureka. 148 pp.
- Michelot, D. and Meléndez-Howell, L.M. 2003. "*Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethno mycology". *Mycological Research.* 107. No. 2. February, pp. 131-146.
- Moreno Z., C. 1990. Los hongos comestibles: un componente de la productividad del bosque en Santa Catarina del Monte, México. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 141pp.

- Moreno, R., Marmolejo M., Valenzuela R. 2005. Flora micológica de bosques de pino y pino-encino en Durango, México. *Ciencia UANL*, vol. VIII, número 003. México. pp. 362-369.
- Pacioni, G. 1980. Guía de hongos. 1ª. Edición. Grijalbo. Barcelona, España.
- Pérez-Silva, E., 1967. “Les Inocybes du Mexique”. *Anales. Inst. Biol. UNAM, Serie Botánica*, 38:1-60.
- Rifai, M. A., 1968. The Australasian Pezizales in the Herbarium of the Royal Botanic Gardens Kew. *Verhandelingen Der Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, Ad. Natuurkunde Tweede Reeks-Oeel L VII- No.3*. 295 pp.
- Ryvarden, L., 1991. Genera of Polypores. Nomenclature and Taxonomy. *Synopsis fungorum 5. Fungiflora*, Oslo.349 pp.
- Seymour, J.1985. La naturaleza. Los hongos.1a. Edición. Ed. Castell. España.
- Steffen, K.T., Hatakka, A. and Hofrichter, M. 2002. “Degradation of humic acid by the litter-decomposing basidiomycete *Collybia dryophila*”. *Applied and Environmental Microbiology*. 68. No. 7. July. pp 3442-3448.
- Ulloa, M. 1991. Diccionario Ilustrado de Micología. 1ª Edición. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F.
- UNEP – WCMC, 2003. Proyecto de Comercialización de Productos Forestales No Maderables; Factores de Éxito y Fracaso. *METHODUS CONSULTORA, SC*. Mexico, 14pp.
- Villarreal, L. 1995. El hongo de pino: un recurso genético para el desarrollo sustentable de México, in: XI exposición de hongos. Tlaxcala. Departamento de agrobiología. Laboratorio de micología CICB-UAT. pp: 46-48.

CAPÍTULO II

Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles*

2.0 RESUMEN

El incremento dramático de incidencia y severidad de los "mohos verdes" en la producción de hongos comestibles se refleja en la aparición de formas altamente agresivas de éstos patógenos, como es el caso de los biotipos de *Trichoderma harzianum* (Th1, Th2., Th3 y Th4), que han sido encontrados en Europa y Norte América, donde la importancia de la patogenicidad de dicho "moho" se comprobó en 1995 con las pérdidas del 30-100% en las plantas de hongos comestibles en Chester, Pennsylvania. En México se han identificado diversos "mohos contaminantes", entre los cuales *Trichoderma* spp., se encuentra frecuentemente en la producción de hongos comestibles (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes*), en el 2004, un grupo de investigación detectó la presencia de cepas altamente agresivas de *T. aggressivum* f. *aggressivum*, identificadas con técnicas clásicas y moleculares, en muestras de substrato (compost) contaminado, proporcionado por la principal planta de hongos de México. Actualmente se desconoce la situación sobre la distribución de *Trichoderma harzianum* y los problemas de contaminación en la producción de hongos comestibles, tanto de zonas rurales, como de zonas industrializadas en México, puede causar serias disminuciones en la producción de hongos comestibles y presentar pérdidas económicas para los productores de la región.

Palabras Claves: *T. harzianum*, *T. aggressivum*, Patogenicidad, Producción de Hongos Comestibles.

* Rev. Colomb. Biotecnol.
Vol. XI No. 2 Diciembre 2009, 143-151
ISSN: 0123-3475

2.1 ASPECTOS GENERALES DE *Trichoderma* spp.

Dentro de los *Ascomycetes*, se incluyen organismos de gran importancia económica, algunos a manera de patógenos y otros como controladores biológicos (productores de antibióticos y micotoxinas). Dentro de este orden se incluye el género *Hypocrea* que generalmente se ha caracterizado como un agente de control biológico, que actúa sobre hongos patógenos de plantas e insectos (Hidalgo, 1989), además se ha visto que *Trichoderma* spp., ha demostrado tener gran agresividad contra diversos hongos cultivados, principalmente el champiñón, seguido del hongo seta (Domsch, *et ál.*; 1993; Rossman, 1996).

Las especies de *Trichoderma* spp., son hongos cosmopolitas y típicamente del suelo que pueden ser llevados a sustratos en el cultivo de hongos comestibles (Klein y Eveleigh, 1998). Se han descrito cerca de 40 taxones de *Trichoderma* spp., hasta la fecha. Sin embargo, basados en su morfología anamorfo del orden de los *Hypocreales*, el número real podría ser de más de 200 taxones (Samuels, 1996). La mayoría de las especies de *Trichoderma* spp., se han descrito de Norteamérica y de Europa, aunque las nuevas investigaciones de otras áreas geográficas conducirán al reconocimiento de las nuevas especies y su interacción en el cultivo de hongos comestibles.

La temperatura óptima para su crecimiento linear en agar y producción de micelio está entre 20 y 28 °C, aunque crece bien entre 6 a 32 °C. El contenido mínimo de humedad para su crecimiento vegetativo es del 92% y para su esporulación es de 93 al 95%. Tiene cierta respuesta a la luz, especialmente azul y la violeta. La luz promueve la formación de esporas, el crecimiento de micelio y la coloración (Hidalgo, 1989; Domsch, *et ál.*, 1993). La colonia de superficie blanca y reversa violeta, luego de 4 días de crecimiento en agar maltosa 4% a 25°C el diámetro de la colonia es de 7,1-8,3 cm., el micelio es escaso y de textura velutinoso.

La escasa formación de micelio aéreo hace que la superficie sea levemente hirsuta, con el tiempo el centro de la colonia se torna algodonoso y se observa la esporulación en la zona periférica de la colonia en pústulas conidiógenas de color blanco, que luego se tornan verde grisáceo, el medio se torna a color vino tinto (Domsch, *et ál.*, 1993).

- 2.1.1 *Trichoderma* spp., un Moho que Afecta el Cultivo de Hongos Comestibles

El género *Trichoderma* spp., (**Tabla 5**) fue introducido a la literatura en 1794 por Persoon para clasificar cuatro especies que actualmente se consideran no relacionadas entre sí, éstas son: *Trichoderma viride* (Pers.: S.F. Gray), *Xylohipha nigresce* (Pers.), *Sporotrichum aureum* (Link), y *Trichotecium roseum* (Pers.). La primera delimitación genética de *Trichoderma* spp., la realizó Hartz en 1871, quien enfatizó la importancia y las características microscópicas en la delimitación del género, especialmente por la presencia de fiálides (Bisset, 1991; Chen *et ál.*, 1999). En 1916 Waksman describió seis cepas de *Trichoderma* spp., de acuerdo a la apariencia macroscópica, el tamaño, y la forma de las fiálides. Diez años después, Abbott en 1926 al estudiar siete aislamientos de *Trichoderma* spp., concluyó que son tres especies y fueron identificadas como *T. lignorum* (Harz), *T. koningii* (Qudem), y *Trichoderma glaucum* (Abbott). En 1969 Rifai realizó una revisión del género y describió 9 especies de *Trichoderma* spp., (Bisby, 1939; Rifal, 1969; Bisset, 1992).

A partir de la manifestación de *Trichoderma harzianum* (Rifai), como causante de las epidemias en plantas productoras de hongos comestibles en Norteamérica, Islas Británicas, India e Irlanda a principios de 1980, todas las investigaciones sobre este género se han dedicado a realizar pruebas de identificación basadas en las variaciones del polimorfismo del ADN ampliado al azar (*Random Amplified Polimorphic DNA* ó RAPD), utilizando técnicas de PCR (*Polymerase Chain Reaction*) (Bissett, 1992; Muthumeenakshi *et ál.*, 1994; Chen *et ál.*, 1999; Sharma *et ál.*, 1999).

Tabla 5. Resumen histórico taxonómico del género *Trichoderma* spp., (Bisby, 1939; Rifai, 1969; Bissett, 1984; 1991; 1992; Fletcher, 1987; Doyle, 1991; Seaby, 1987; Castle *et ál.*, 1998; Chen *et ál.*, 1999; Sharma *et ál.*, 1999; Hermosa, 2000; Sobal, 2007).

AUTOR	FECHA	COMENTARIOS
Persoon	1794	Introduce el género <i>Trichoderma</i> spp., y describe a <i>T. harzianum</i> (Rifai), como sinónimo de <i>Pyrenium lignorum</i> var., vulgare Tode (1790).
Fries	1829	Reduce la sinonimia de ambas especies a <i>T. viride</i> (Pers.: S.F. Gray).
Harz	1871	Realiza la primera delimitación del género con base en observaciones microscópicas de las fiálides.
Tulasne	1860	Identifica a <i>Trichoderma</i> spp., como Fungi Imperfecti.
Saccardo	1885	Crea el género <i>Pachybasium</i> spp., para incluir a 13 especies de <i>Trichoderma</i> spp., excluyendo a <i>T. viride</i> (Pers.: S.F. Gray).
Vuillemin	1887	Transfiere <i>T. viride</i> a <i>Acrostalagmus viride</i> (Pers.: S.F. Gray).
Brefeld	1891	Menciona que <i>Hypocrea rufa</i> es sinónimo de <i>T. viride</i> (Pers.: S.F. Gray).
Oudemans y Koning	1902	Primera descripción de <i>Trichoderma</i> spp., en el suelo. Qudemans identifica a <i>T. koningii</i> (Qudem).
Cook v Taubenhaus	1911	Reconocen diferencias entre <i>T. koningii</i> (Qudem.) y <i>T. viride</i> (Pers.: S.F. Gray).
Oale	1912-1914	Describe a <i>T. koningii</i> (Qudem.), <i>T. lignorum</i> (Harz), y <i>T. álbum</i> (Alb.).
Goddard	1913	Describe a <i>T. nigrovirens</i> (Goddard).
Waksman	1916	Reporta 5 cepas de <i>Trichoderma</i> spp., en el suelo.
Abbott	1926	Describe 4 especies, incluyendo a <i>Trichoderma lignorum</i> (Lig.), <i>T. koningii</i> (Qudem) y <i>T. glaucum</i> (Abbott).
Gillman y Abbott	1927	Construyen una clave para identificar las especies de <i>Trichoderma</i> spp.
Beach	1937	Realiza el primer reporte de <i>Trichoderma</i> spp., y los síntomas que provoca como enfermedad del champiñón.
Bisby	1939	Al estudiar numerosas colecciones y cepas identificadas como <i>Trichoderma</i> spp., concluye que el género es monotípico (cuando un género se establece con una sola especie) y menciona que <i>Hypocreagelatinosa</i> es en realidad <i>Trichoderma viride</i> (Pers.: S.F. Gray).
Rifai y Webster	1966	Demostraron que la nomenclatura de Bisby era errónea al examinar las diferencias entre <i>H. rufa</i> (Pers.), <i>H. aeuroviride</i> (Rifai), <i>H. vinosa</i> (Cooke), y otras especies de <i>Hypocrea</i> spp., no mencionadas.
Rifai	1969	Hace una revisión del género <i>Trichoderma</i> spp., ofrece una clave de identificación de 9 especies describiéndolas ampliamente. Actualmente es la clave más aceptada.
Bissett	1984-1992	Realiza una amplia descripción de <i>T. atroviride</i> (Bissett), sugiriendo que la descripción original realizada por Karsten (1892) debe ser modificada y ampliada de acuerdo a las nuevas técnicas disponibles (la microscopía electrónica y la genética molecular).
Doyle, Seaby, Chen, Castle y Hermosa.	1991-2000	Diferenciaron cuatro formas biológicas de <i>T. harzianum</i> (Rifai), <i>Th1</i> , <i>Th2</i> , <i>Th3</i> y <i>Th4</i> .
Sobal, M.	2004	Identifica a <i>T. aggressivum f. aggressivum</i> (Samuels & W. Gams), en la planta de Hongos México.

Dentro del género *T. harzianum* (Rifai), se han diferenciado cuatro formas biológicas: Th1, Th2, Th3y Th4 (Seaby, 1996; Chen, *et ál.*, 1999; Hermosa *et ál.*, 2000; Castle *et ál.*, 1998; Doyle, 1991). Esto es debido a que dentro de una especie, los principales criterios son el tamaño de la fiálide, forma y distribución pero éstos varían mucho en los agregados y entre las especies. Además, se complica porque en *T. harzianum* (Rifai), produce dos tipos de esporulación y las proporciones cambian de acuerdo al tiempo de incubación y las condiciones del cultivo (Rifai, 1969).

- 2.1.2 Fisiología de *Trichoderma harzianum* (Rifai).

A *T. harzianum* (Rifai), se le puede encontrar en diferentes materiales orgánicos y suelos, están adaptados a diferentes condiciones ambientales lo que facilita su amplia distribución. Algunas especies prefieren localidades secas y templadas y otras templadas y frías. Estos hongos son ampliamente conocidos por su producción de toxinas y antibióticos. Se encuentran diferentes especies y cepas de *T. harzianum* (Rifai), en el cultivo de hongos comestibles, algunas son inofensivas y otras muy dañinas, por lo que su relación antagónica con los hongos cultivados todavía no está completamente conocida y varía entre especies y cepas (Seaby, 1996).

En el estadio temprano de *T. harzianum* (Rifai), el color del micelio es blanco y eventualmente desarrolla un color verde oscuro después de la esporulación. Las colonias de *T. harzianum* (Rifai), crecen y maduran rápidamente a los cinco días de incubación en medio de cultivo agar de dextrosa y papa (PDA) a 25°C. Las especies de este género generalmente prefieren un pH ácido de 4.5-5 y, además se desarrolla en áreas con un excesivo contenido de humedad y un estancamiento del bióxido de carbono en la atmósfera. Varios factores genéticos asexuales como la recombinación parasexual, mutación y otros procesos contribuyen a la variación entre los núcleos en un solo organismo (talo). Así, los hongos son altamente adaptables y evolucionan rápidamente. Hay una gran diversidad en genotipos y fenotipos de cepas silvestres (Rifai, 1969; Przybylowicz y Donoghue, 1988; Stamets y Chilton, 1983; Vijay y Sohi, 1989; Pandey y Tewari, 1990).

El ciclo de vida de *T. harzianum* (Rifai), inicia cuando el organismo crece y se ramifica como una hifa fúngica típica que mide de 5-10 μ de diámetro. La esporulación asexual ocurre cuando las esporas de 3-5 μ de diámetro son liberadas en un gran número. También se forman clamidospora intercaladas, de forma individual, aunque a veces dos o más clamidosporas se pueden fusionar. Como ya mencionamos anteriormente, dentro del género *T. harzianum* (Rifai), se diferenciaron cuatro biotipos (Th1, Th2, Th3 y Th4), que afectan al cultivo de hongos comestibles.

Estos biotipos fueron diferenciados por el porcentaje del crecimiento micelial y la apariencia de la colonia, también por las características morfológicas a nivel microscópico, incluyendo las fiálides y fialósporas. Th2 Y Th4 son los biotipos más incidentes y altamente virulentos en las plantas de hongos comestibles, y los biotipos Th1 y Th3 pueden infestar la composta del hongo pero raras veces causan pérdidas (Seaby, 1987; Seaby, 1996; Doyle, 1991; y Rifai, 1969).

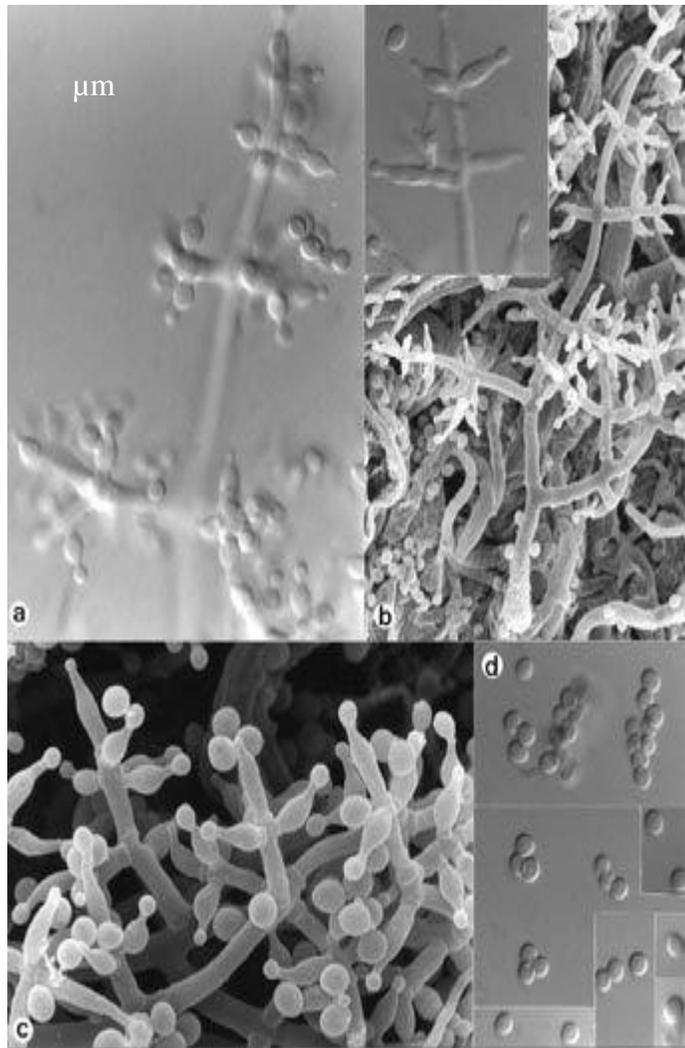


Fig. 9. Descripción: *T. harzianum* (Rifai); a, b. conidióforos de forma piramidal; c, d. fiálides y conidios.

Resolución. a, d. x1600; b. x1300; c. x3300.

El tamaño de los conidióforos es de 62,5-69 x 3-4,7 μm . Los conidióforos son de color verde, presentan diversas ramificaciones perpendiculares, en algunos casos se observa la formación de ramas laterales en grupos de dos a tres, ubicadas en un ángulo amplio. El sistema de ramificación tiene una apariencia piramidal (**Figura 9-a, b**). Las fiálides son largas y delgadas, solitarias a lo largo del eje, asimétricas, con un tamaño de 6,3-15,6 x 2,7-3,4 μm ., con verticilos terminales de hasta 4 conidios de un tamaño aproximado de 3,8-4 x 3,1-3,7 μm , con forma citriforme y subglobosos (**Figura 9 -c, d**). Sus Clamidosporas son intercalares y formadas por el micelio sumergido, subglobosas, de pared dentada, color verde suave y un tamaño de 12,5-10 μm . (Bissett, 1991; Hoog, 2000).

- 2.1.3 Estructuras y Características de *T. harzianum* (Rifai), en el Cultivo de Hongos Comestibles

Algunas especies de *Trichoderma* spp., actúan como patógenas y otras como competidores del cultivo de hongos comestibles, de acuerdo a Fletcher en 1986, las especies encontradas en el cultivo de champiñón son: *T. viride* (Pers.: S.F. Gray), competidor, *T. koningii* (Qudem), patógeno, y *T. harzianum* (Rifai), patógeno. Entre las especies citadas en sustrato de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm, se encuentran: *T. viride* (Pers.: S.F. Gray), *T. harzianum* (Rifai), *T. hamatum* (Bonord: Bainier) y *T. pseudokoningii* (Rifai). Recientemente, se ha encontrado la subespecie Th4 de *T. harzianum* (Rifai), las cuales han originado pérdidas superiores al 77% durante la producción de las cosechas de *Pleurotus* spp. Esta subespecie es la causante de la epidemia de *Trichoderma* spp., aparecida en los cultivos de champiñón de Norteamérica (Seaby, 1987; Seaby, 1996; Doyle, 1991 y Rifai, 1969).

T. harzianum (Rifai), invade rápidamente el sustrato y obstaculiza el crecimiento del micelio de *Pleurotus* spp., mediante la producción de toxinas y antibióticos, al tiempo que ocasiona un descenso del nivel de pH hasta valores de 4-5, que son más favorables para su desarrollo. Inicialmente se puede observar en el sustrato un moho de color blanco que vira a verde, adquiriendo posteriormente color gris verde-azulado debido a la abundante producción de conidios. Los propágulos (conidios,

clamidosporas o fragmentos de micelio) pueden ser esparcidos por corrientes de aire, aerosoles, insectos, ácaros, herramientas, ropas, etc., (Seaby, 1996).

La infección del sustrato tiene lugar generalmente en el curso de las operaciones de siembra y embolsado, sobre todo cuando no se siguen escrupulosas normas de higiene. Los daños son proporcionales al número de sacos afectados y a la precocidad de la infección. Si la infección es temprana, el patógeno se multiplica rápidamente y coloniza una mayor cantidad de sustrato, lo que supone una severa reducción de la cosecha (Fletcher, 1986).

Por el contrario, con infecciones más tardías y ante un micelio de *Pleurotus* spp., vigoroso, el hongo verde se manifiesta en la incubación y durante la primera cosecha, aunque puede aparecer también en el inóculo o "semilla". Hay que tener en cuenta que los procesos de infección se pueden ver afectados por la temperatura interna del sustrato, ya que se ha observado una correlación directa entre el desarrollo temprano de *T. harzianum* (Rifai) y una temperatura excesiva durante la incubación que debilita al micelio de *Pleurotus* spp., (Doyle, 1991). Además, *T. harzianum* (Rifai), produce enzimas hidrolíticas que degradan componentes de la pared celular de muchos microorganismos, que luego pueden ser utilizados como fuente de nutrientes. Recientemente, los biotipos de *T. harzianum* (Rifai), descritos por Rifai originalmente fueron aislados en plantas comerciales de champiñón (*Agaricus bisporus* J.E. Langes).

El biotipo agresivo en Norte América fue originalmente conocido como "Th4", pero ha sido recientemente cambiado de nombre de *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum* (Samuels & W. Gams). En cambio, biotipos de *T. harzianum* (Rifai) "no agresivos" se encuentran comúnmente en las granjas de setas. El mecanismo de establecimiento de la enfermedad es desconocido (Oliver, et ál., 2003).

En 2004, un grupo de investigación del Colegio de Postgraduados detectó la presencia de cepas agresivas micoparásitas de *T. aggressivum f. aggressivum* (Samuels & W. Gams), identificada con técnicas clásicas y moleculares, usando la técnica ITS 1 y ITS 4 en muestras de substrato (compost) contaminado proporcionado por la principal planta de Hongos de México, S.A. Esta empresa, cuyos volúmenes de producción ascienden a 55 toneladas de champiñones por día, ha llegado a tener disminuciones hasta del 50% en su producción y pérdidas económicas millonarias debido al ataque de *T. aggressivum f. aggressivum* (Samuels & W. Gams). Actualmente, dicha cepa está depositada en el Cepario de Hongos Comestibles del Centro de Recursos Genéticos del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla (Bonilla-Quintero, 2006; Sobal, 2007).

2.2 CONCLUSIÓN

T. harzianum (Rifai), es un hongo que se ha venido estudiando desde principios del siglo pasado y se ha avanzado en el conocimiento de su morfología, diversidad patogénica y comportamiento en asociación al cultivo de hongos comestibles, a la fecha todavía hay dificultad de su manejo y clasificación, aun se desconoce mucho de su fisiología y de los factores asociados a la virulencia en plantas productoras en México, así como los mecanismos asociados a la resistencia por parte de los hongos comestibles.

Es relevante continuar con estudios que permitan un mayor conocimiento de este patógeno dada la importancia económica que representa el cultivo de hongos comestibles en países en vía de desarrollo, el cual se presenta como una alternativa económica para las zonas rurales del país debido a que la producción de hongos comestibles permite obtener grandes producciones en relativamente poco espacio, tiene una amplia capacidad de aceptación a nivel urbano y rural por sus propiedades alimenticias y nutricionales, utiliza racionalmente los subproductos agrícolas que se generan en la región, el sustrato es reciclando para ser utilizado como abono orgánico; además, arraiga la fuerza de mano de obra en sus propias localidades.

En los últimos años la biotecnología de producción de hongos comestibles ha tenido una importancia relevante en la alimentación en el medio rural mexicano, el desarrollo reciente de técnicas en biología molecular se muestra como una herramienta sólida para la generación rápida de conocimiento no solamente del parásito, también de su hospedero así como la interacción entre ambos que permitiría un manejo, prevención y control del principal agente contaminante del cultivo de hongos comestibles.

2.3 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Porfirio Morales Almora, su apoyo técnico en diferentes etapas del trabajo de investigación durante el curso “**LOS HONGOS Y SU CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO**”. Este trabajo fue realizado gracias al apoyo financiero de las autoridades del CONACYT.

2.4 LITERATURA CITADA

- Bisby, G. R. 1939. *Trichoderma viride* Pers. ex Fries, and notes on *Hypocrea*. *Transactions of the British Mycological Society* 23: 149-168.
- Bissett, J. 1991. A revision of the genus *Trichoderma* spp., Infrageneric classification. *Canadian Journal of Botany*, 69: 2357-2372.
- Bissett, J. 1992. *Trichoderma atroviride*. *Canadian Journal of Botany*, 70: 639-641.
- Bonilla-Quintero, M. 2006. Innovación tecnológica para controlar el “Moho verde” (*Trichoderma* spp.) durante el cultivo de hongos comestibles en la región central de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, *Campus-Puebla*.
- Castle, A, D. Speranzini, N. Rghei, G. Alm, D. Rinker and J. Bissett. 1998. Morphological and Molecular Identification of *Trichoderma* Isolates on North American Mushroom Farms, *Applied Environ Microbiol* 64 (1): 133–137.

- Chen, X., C. P. Romaine, M. D. Ospina-Giraldo y D. J. Royse. 1999. A polymerase chain reaction-based test for the identification of *Trichoderma harzianum* biotypes 2 and 4, responsible for the worldwide green mould epidemic in cultivated *Agaricus bisporus*. *Applied Microbiol Biotechnol.* 51: 572-578.
- Domsch, K. H., W. Gams and T. Anderson. 1993. *Compendium of soil fungi*. IHV-Verlag, 859 Pp.
- Doyle, O. 1991. *Trichoderma* green mould. *The Irish Mushroom Review* 3: 13-17.
- Fletcher, J. T. 1987. Weed moulds. *The Mushroom Journal* 174: 198-200.
- Fletcher, J. T., P. F. White and R. H. Gaze. 1986. Champiñones: control de las enfermedades y plagas. Acribia S.A. Zaragoza, España. 159 pp.
- Hawksworth, D.L., P.M. Kirk, B.C. Sutton y D.N. Pegler. 1995. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi. Eighth edition. CAB International. University Press, Cambridge. 616 pp.
- Hermosa, M. R., E. A. Iturriaga; J. M., Díaz-Minguez, C. Castro, E. Monte and J. M. García Acha. 2000. Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma* spp. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 1890-1898.
- Hidalgo A. 1989. Comparación de dos métodos para la selección de aislamientos de *Trichoderma* para el combate biológico de *Fusarium* y *Rhizoctonia* en clavel. Tesis para optar por el grado de Licenciado en Agronomía. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 89 pp.
- Hoog, G.S.; Guarro, J.; Gene, J. and Figueras, M.J. 2000, atlas de hongos clínicos, 2 a ed. Ed. CBS Utrece y the Netherland 2: 1-1126
- Klein D, Eveleigh DE. 1998. Ecology of *Trichoderma*. In: Kubicek CP, Harman GE, eds. *Trichoderma and Gliocladium. Basic biology, taxonomy and genetics*. London, UK: pp 57–74.
- Muthumeenakshi, S., P. R. Millis, A. E. Brown and D. A. Seaby. 1994. Intraspecific molecular variation among *Trichoderma harzianum* isolates colonizing mushroom compost in the British Isles. *Microbiology* 140: 769-777.

- Oliver A. K., Alan J. C., and Danny Lee R. 2003. The North American mushroom competitor, *Trichoderma aggressivum f. aggressivum*, produces antifungal compounds in mushroom compost that inhibit mycelial growth of the commercial mushroom *Agaricus bisporus*. *Mycological Research* Volume 107, Issue 12, pp.1467-1475
- Pandey, M. and R. P. Tewari. 1990. Antagonism of *Pleurotus sajor-caju* by some weeds fungi. *Mushroom Journal for the Tropics* 10 (2): 52-58.
- Przybylowicz, P. and S. Donoghue. 1988. Shiitake grower's handbook. *The art and science of mushroom cultivation*. Kendall, Dubuque.
- Rifai. M. A 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycological Papers*, 116: 1156.
- Rossman, A. 1996. Morphological and molecular perspectives on systematics of the Hypocreales. *Mycologia* 88(1): 1-19.
- Samuels, 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. *Mycological Research*. 100: 923-935.
- Seaby, D. A 1987. Infection of mushroom compost by *Trichoderma* species. *The Mushroom Journal* 179: 355-361.
- Seaby, D. A 1996. Investigation of the epidemiology of green mould of mushroom (*Agaricus bisporus*) compost caused by *Trichoderma harzianum*. *Plant Pathology* 45: 913-923.
- Sharma, H. S., M. Kilpatrick, F. Ward, G. Lyons and L. Burns. 1999. Colonization on phase II compost by biotypes of *Trichoderma harzianum* and their effect on mushroom yield and quality. *Applied Microbiology and Biotechnology* 51: 572-578.
- Sobal, M., P. Morales, M. Bonilla, G. Huerta y D. Martínez-Carrera. 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1, 14 pp. In: El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. En México. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7
- Stamets, P. and J. S. Chilton. 1983. The mushroom Cultivator. A practical guide to growing mushroom at home. Agarikon Press, Olympia, Washington. pp. 415
- Vijay, B. and H. S. Sohi. 1989. Fungal competitors of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing. *Mushroom Journal for the Tropics* 9: 29-36.

CAPÍTULO III

Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando hoja de plátano deshidratada (*Musa paradisiaca* L.), en relación de otros esquilmos agrícolas *

3.0 RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* en residuos de hoja de plátano deshidratada en relación con otros esquilmos agrícolas del Municipio de Tetela de Ocampo-Puebla, las hojas de plátano (*M. paradisiaca*) fueron colectadas en la zona de Martínez de la torre, Veracruz-México y los demás esquilmos agrícolas como son: paja de trigo (*T. aestivum*), paja de cebada (*H. vulgare*), pajilla de frijol (*P. vulgaris*) y rastrojo de maíz (*Z. Mays*) se adquirieron en la región de Tetela de Ocampo, Puebla, México, para la obtención de fructificaciones en condiciones rurales. La cepa CP-50 demostró un adecuado crecimiento de aéreas miceliales en la hoja de plátano deshidratada alcanzando una tasa de producción de 1.5 ± 0.1 %, la mayor Eficiencia Biológica (EB) se obtuvo en el sustrato paja de trigo con 129.34 ± 9.1 %, la hoja de plátano deshidratada con 123.30 ± 0.7 %, y la pajilla de frijol obtuvo la EB más baja de 82.91 ± 0.4 %. Los resultados demostraron la factibilidad de cultivar la CP-50 de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones rústicas en la Sierra Norte del estado de Puebla, aprovechando los residuos de la cosecha de plátano de las regiones aledañas del Municipio.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, CP-50, Residuos de Hoja de Plátano Deshidratada, Esquilmos Agrícolas y Crecimiento de Áreas Miceliales.

* Revista Agronomía Costarricense
Vol. 34, Nº. 1, 2010 , pp. 53-63
ISSN: 0377-9424,

3.1 INTRODUCCIÓN

En México, en los últimos años la tecnología de producción de hongos comestibles tiene una importancia relevante para la alimentación de la población rural mexicana, ya que los hongos comestibles forman una estrategia de subsistencia basada en el aprovechamiento de los recursos naturales (Aguilar, *et al.*, 2002). El objetivo principal de los productores e investigadores de hongos comestibles es incrementar la producción en una superficie destinada a esta actividad, en un período de tiempo corto, con el uso de cepas altamente productivas. La producción de *Pleurotus ostreatus*, se ha realizado a pequeña escala, debido a que la tecnología no es conocida por la gran mayoría de productores. La tecnología empleada hasta ahora por los pequeños y medianos productores está basada en el manejo incorrecto de información, generando pérdidas económicas a los productores de hongos comestibles en las comunidades rurales (Martínez *et al.*, 2000).

La tecnología aplicada al cultivo de hongos comestibles permite obtener grandes producciones en relativamente poco espacio, tiene una amplia aceptación a nivel urbano y rural por sus propiedades alimenticias, ya que el hongo seta representa un alimento con 350 calorías comparado con la carne roja que solo contiene 150 calorías ó el pescado que contiene 101. El hongo seta utiliza racionalmente los subproductos agrícolas que se generan en la región, el sustrato es reciclado para ser utilizado como abono orgánico; además, puede contribuir a arraigar la mano de obra en sus propias localidades (Chang y Miles, 2004). La población rural conoce a este hongo con los nombres de “hongo seta”, “hongo del maguey”, “hongo blanco”, “hongo del rastrojo”, y “hongo de la pulpa de café” (Guzmán, 1997). A nivel comercial se han obtenido sus fructificaciones en paja de cebada, paja de trigo y pulpa de café (Guzmán *et al.*, 1993), pero a nivel rural no se tienen antecedentes del cultivo de esta especie en hoja de plátano deshidratada. Entre los sustratos disponibles para el cultivo de *P. ostreatus* en el país, se encuentran los residuos generados del cultivo del plátano (*Musa paradisiaca* L.), como pseudotallo y hojas deshidratadas, ya que al no tener usos alternativos, se acumulan periódicamente en cantidades considerables

en las plantaciones plataneras, con la finalidad de permitir su lenta degradación natural y la subsecuente incorporación de nutrientes al suelo. Actualmente más de 70,000 hectáreas del territorio nacional están dedicadas al cultivo del plátano, sabiendo que se puede generar hasta 1.4 toneladas de hoja de plátano por hectárea aproximadamente, mayoritariamente en los Estados de Chiapas, Veracruz, Tabasco, Michoacán y Colima, entidades que aportan más del 80% de la producción nacional (ASERCA, 2008).

La estrategia propuesta en esta investigación representa el potencial para el cultivo de *P. ostreatus*., utilizando subproductos de las regiones de la Sierra Norte del estado de Puebla como son: trigo, maíz, cebada, frijol y hoja de plátano, de aquí la importancia de esta alternativa de producción para el medio rural, la biotecnología de hongos comestibles se vislumbra como una opción para la producción de alimentos de alto valor nutritivo en el medio rural, además de contribuir a resolver problemas colaterales como la migración y la contaminación ambiental.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en la Escuela de Ingeniería Agroforestal, de la Unidad Académica Regional Tetela de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, específicamente en la Planta experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles.

3.2.1 Cepas y sustratos

La cepa (CP-50) de *P. ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm., empleada en el estudio proviene del Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados y está depositada en el Cepario de Hongos Comestibles del Campus Puebla-México. La cepa es mantenida en un medio compuesto de agar de dextrosa y papa (PDA) marca Bioxon, a temperatura ambiente (Sobal, *et, al.*, 2007).

Las hojas de plátano fueron colectadas en la zona de Martínez de la Torre, Veracruz, México. Los demás esquilmos agrícolas: paja de trigo (*Triticum aestivum* L.), paja de cebada (*Hordeum vulgare* L.), pajilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) se adquirieron en la región de Tetela de Ocampo, Puebla, México. En el laboratorio, los materiales se fragmentaron mecánicamente en porciones de 1 a 3 cm de longitud y se deshidrataron en horno (50°C) hasta alcanzar peso constante (Buswell, *et. al.*, 1993).

3.2.2 Evaluación de la Producción de Fructificaciones de CP-50 de *P. ostreatus*

La evaluación de la producción de fructificaciones se realizó en Planta experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles en la comunidad de Benito Juárez, población del municipio de Tetela de Ocampo, que se localiza en la Sierra Norte del Estado de Puebla, cuyos límites geográficos son: 19° 43' 00" y 19° 57' 06" de latitud norte y 97° 38' 42" y 97° 54' 06" de longitud Oeste. Sus colindancias son al Norte con Cuautempan y Tepetzintla, al Sur con Ixtacamaxitlán, al Oeste con Xochiapulco y Zautla, y al Oriente con Aquixtla, Zacatlán e Ixtacamaxitlán (Enciclopedia de los municipios de Puebla, 2006).

El inóculo se preparó utilizando semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.), el tratamiento consistió en hervir 500 gr. de trigo durante 20 minutos en 5 L. de agua, y se dejó reposar durante 30 minutos. A continuación se escurrió en una charola de plástico con capacidad de 10 Kg. durante 60 minutos, se le adicionó la cantidad de 5 gr. de cal y 20 gr. de yeso y se homogenizó junto con el trigo. Posteriormente se colocaron 500 gr. de trigo en frascos con capacidad de 700 gr. y se esterilizó durante 60 minutos a 121°C.

Cuando los frascos se enfriaron, se inocularon con 0.25 cm² de agar colonizado de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* dentro de la campana de flujo laminar (VECCO, MÉXICO) y se incubaron a temperatura ambiente durante 25 días (Valencia del Toro, *et. al.*, 2003).

Para la siembra de la cepa, los sustratos fueron pasteurizados en agua caliente a 80°C/1 h., transcurrido el tiempo de pasteurización, los sustratos se transportaron al área de siembra para permitir su enfriamiento y el escurrimiento del exceso de humedad alrededor de 30 minutos. Posteriormente se procedió a la siembra, preparando bolsas de plástico de 6 Kg (peso húmedo) de cada sustrato, las bolsas se sembraron homogéneamente con la “semilla” previamente preparada en una relación 1:10. Las muestras sembradas se incubaron a temperatura ambiente (26±2°C), cuando el micelio del hongo colonizó completamente los sustratos, y mostró la aparición de primordios, las bolsas se trasladaron al cuarto de fructificación donde se propiciaron condiciones apropiadas de humedad (70-80%), temperatura (26°-28°C), luz diurna indirecta, y aeración (extracción de aire por 1 h, cada 8 h), en total se prepararon 4 repeticiones por cada tratamiento y dos réplicas en diferentes periodos de producción (Burgos, 1995).

Los datos de producción considerados fueron: peso fresco y número de hongos colectados, así como el número de cosechas alcanzadas. Se evaluó y describió la eficiencia biológica (EB = gramos de hongos frescos/100 g de sustrato seco) [Salmones, *et al.*, 1997] y la tasa de producción (TP = EB/tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la última cosecha (Reyes, *et al.*, 2004). Para obtener la tasa de biodegradación (TB= [peso seco del sustrato inicial – peso seco del sustrato final / peso seco del sustrato inicial] *100), la productividad se expresó en términos de gramos de hongos frescos por el número de cosechas totales (Stamets, 1993).

Los datos obtenidos se procesaron en el programa *Graphpad Instat tm. V 3.0*, para Windows, efectuando un análisis de varianza (A N O V A) y posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar las diferencias entre tratamientos.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis comparativo de medias entre los sustratos, mostró de manera general que; en las dos repeticiones realizadas el día 01-05-08 al 01-08-08, respectivamente el día 03-08-08 al 03-11-08, muestra una mejor producción en los sustratos de paja de trigo, hoja de plátano deshidratada y paja de cebada (**Figura 10 y 11**), en comparación con los demás esquilmos agrícolas, por lo que estas condiciones fueron seleccionadas para la siguiente etapa del estudio.

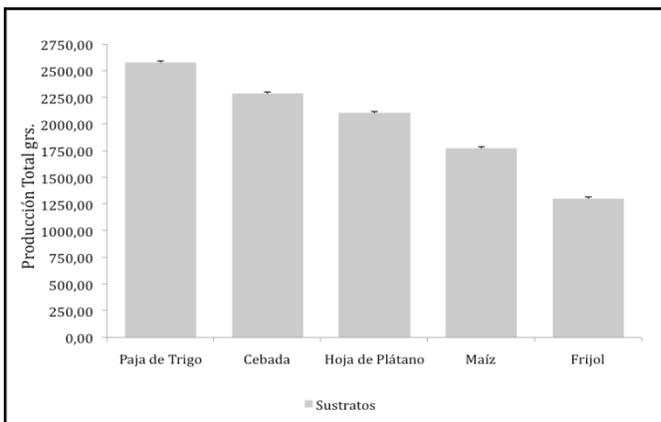


Fig. 10. Comparación de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el periodo comprendido del 01-05-08 al 01-08-08 en Tetela de Ocampo, Puebla-México.

En la etapa de evaluación de las fructificaciones, las muestras requirieron un promedio de 18 días de incubación para cubrir los sustratos, observándose buen crecimiento micelial en todas las condiciones evaluadas. A los 22 días de incubación se presentaron primordios en los sustratos de hoja de plátano deshidratada, paja de cebada y paja de trigo, requiriendo de 3 a 5 días más para alcanzar la etapa adulta, condición en que fueron cosechados en la primera cosecha.

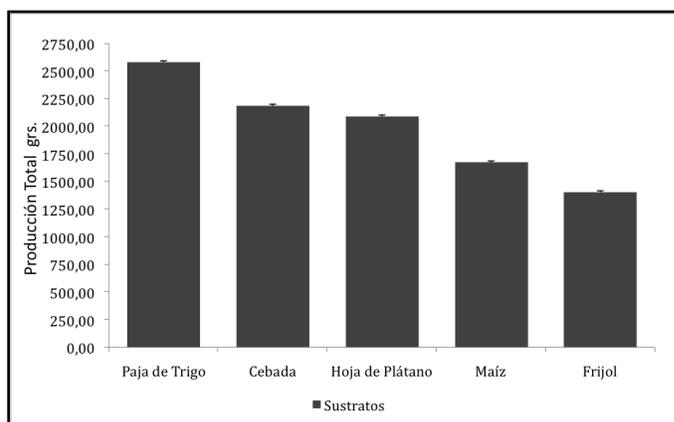


Fig. 11. Comparación de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el periodo comprendido del 03-08-08 al 03-11-08 en Tetela de Ocampo, Puebla-México.

Las muestras correspondientes a los sustratos de pajilla de frijol y rastrojo de maíz no desarrollaron fructificaciones en este periodo, sus estadios requirieron más de 28 días de incubación y 3 días más para su etapa adulta. El periodo de producción total más corto fue de 63 días en el sustrato de paja de trigo, en cebada fue de 68 días, en el sustrato de la hoja de plátano fue de 72 días, en el rastrojo de maíz 84 días y el mayor periodo de producción lo obtuvo la pajilla de frijol con 95 días, teniendo un total de tres cosechas por sustrato, donde la tasa de producción (T/P) de la hoja de plátano fue mayor a los sustratos de rastrojo de maíz y pajilla de frijol. Se observó una diferencia en la T/P, los valores más altos se obtuvieron en el sustrato paja de trigo (2.08 y 2.20 %), seguido por cebada (1.77 y 1.90 %), hoja de plátano deshidratada (1.71 y 1.54 %), maíz (0.99 y 0.99) y el menor, en pajilla de frijol (0.70 y 0.80 %). Los valores de la cepa 50 de *P. ostreatus* variaron de 0.70 a 2.20 % (**Tabla 6**). Los valores de T/P son superiores a los obtenidos por Pérez-Merlo y Mata (2005), quienes citan una T/P entre 0.63 y 1.13 %, al inocular 19 cepas de *Pleurotus* spp., en viruta de pino y paja de cebada, una T/P alta indica una elevada EB en un ciclo corto de producción, desde la inoculación hasta la última cosecha.

Al comparar la producción de hongos con el contenido de proteína cruda, se observó que la P/T más alta (10, 316,00 gr) se produjo en el sustrato con mayor contenido de proteínas. Rajarathnam y Bano (1989) determinaron que el contenido de proteína en paja de arroz disminuyó un 53.0 %, después de la fructificación de *P. djamor*, esta reducción se debe a que el nitrógeno del sustrato es utilizado en la formación de cuerpos fructíferos. Para un mejor aprovechamiento de los subproductos agrícolas, *Pleurotus ostreatus* requiere de 17 elementos, entre los cuales, los más relevantes son: nitrógeno, 1% del peso del sustrato húmedo; fósforo, potasio, azufre y magnesio; además, requiere en proporciones menores calcio, hierro, zinc, cobre, molibdeno, y manganeso, la diferencia entre estos componentes esenciales en el cultivo de hongos comestibles se refleja directamente proporcional entre las producción total en los diferentes sustratos aquí empleados (Arenas, 1992).

En total se cosecharon 283 hongos en las muestras de paja de trigo, 250 en paja de cebada, 218 en la hoja de plátano deshidratada, 182 en el rastrojo de maíz, y 143 cuerpos fructíferos en la pajilla de frijol. Los tamaños de los púleos variaron de 4.7 a 8.5 cm en los residuos de plátano y de 5.1 a 10.2 cm en la paja de trigo (**Tabla 7**).

Tabla 6. Tasa de Producción de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros esquilamos agrícolas, en Tetela de Ocampo, Puebla, México. 2008.

T/P	SUSTRATOS									
	Paja de Trigo		Cebada		Hoja de Plátano		Maíz		Frijol	
1 ^{era} Cosecha	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
	1207,25	1197,50	1158,01	1108,04	1123,98	1102,40	1053,26	971,57	778,01	822,81
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
2 ^{da} Cosecha	865,00	847,75	735,51	714,03	705,83	701,39	476,29	450,04	349,26	365,02
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
3 ^{era} Cosecha	506,75	535,75	394,26	365,78	274,92	286,18	244,78	252,81	176,01	216,52
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Tasa de Producción	2,08 %	2,20 %	1,77 %	1,90 %	1,71 %	1,54 %	0,99 %	0,99 %	0,70%	0,80 %

* Inicio de la producción el día 01-05-08 al 01-08-08

** Inicio de la producción el día 03-08-08 al 03-11-08

Tabla 7. Calidad de los cuerpos fructíferos de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros esquilamos agrícolas.

Sustratos	T1		T2		T3		Total de Hongos	
	(>10 cm)		(5-9.9 cm)		(0-4.9 cm)			
Paja de Trigo	*	**	*	**	*	**	*	**
	83,00	90,00	26,00	20,00	33,00	31,00	142,00	141,00
Cebada	80,00	73,00	23,00	20,00	22,00	32,00	125,00	125,00
Hoja de Plátano	66,00	66,00	32,00	25,00	13,00	16,00	111,00	107,00
Maíz	75,00	61,00	12,00	16,00	0,00	18,00	87,00	95,00
Frijol	56,00	55,00	10,00	15,00	1,00	6,00	67,00	76,00

T= Tamaño de los hongos

* Inicio de la producción el día 01-05-08 al 01-08-08

** Inicio de la producción el día 03-08-08 al 03-11-08

La eficiencia biológica promedio de la cepa CP-50 en paja de trigo fue de 129.34 ± 9.1 %, paja de cebada 120.41 ± 4.4 %, en la hoja de plátano deshidratada de 123.30 ± 0.7 %, aunque cabe mencionar que los demás sustratos obtuvieron menores eficiencias biológicas, en pajilla de frijol alcanzó una eficiencia biológica de 82.91 ± 0.4 % y en el rastrojo de maíz fue de 67.77 ± 9.1 %, las TB indican que la CP-50 de *P. ostreatus* es capaz de convertir hasta un 61 % del sustrato en alimento para consumo humano, sobre todo en el sustrato de hoja de plátano deshidratada que fue la TB más alta en este trabajo y el menor TB lo obtuvo el sustrato pajilla de frijol con 41.45 % (**Tabla 8**).

Tabla 8. Eficiencia biológica (EB), tasa de producción (PT) y tasa de biodegradación (TB) de la CP-50 de *P. ostreatus* de la hoja de plátano deshidratada en comparación con otros esquilamos agrícolas.

Sustratos	Producción Total (gr)				Eficiencia Biológica (%)		Tiempo de biodegradación (%)	
	*		**		*	**	*	**
Paja de Trigo	10316,00	a	10324,00	a	129,34	138,47	61,53	61,00
Cebada	9151,15	ab	8751,35	b	120,41	124,88	57,16	55,99
Hoja de Plátano	8418,88	b	8359,87	b	123,30	122,58	62,51	64,46
Maíz	7097,30	b	6697,70	c	82,91	82,44	60,51	60,56
Frijol	5213,15	c	5617,35	c	67,77	76,95	41,45	42,70

* Inicio de la producción el día 01-05-08 al 01-08-08

** Inicio de la producción el día 03-08-08 al 03-11-08

Durante el desarrollo del experimento se observó la formación de gran número de primordios, pero pocos lograron alcanzar la etapa adulta debido a la presencia de organismos contaminantes, como; *Trichoderma* spp., así como moscas del género *Lycoriella*. Estos organismos son frecuentemente encontrados en los cultivos comerciales de *Pleurotus* spp., (Mata y Martínez, 1988; Leal-Lara, 1985).

Mora y Martínez Carrera (2007), encontraron eficiencias biológicas de 39 a 162 en sustrato de paja de trigo con cepas comerciales *Pleurotus* spp., en valores superiores a los obtenidos en este trabajo (129.34 ± 9.1 %). Similarmente, Salmones *et al.*, (1997) reportaron de 75.6 a 168 % con 19 cepas de *Pleurotus* spp., en un sustrato de paja de cebada, Martínez Carrera *et. al.*, (1993) de 97.3 %, Soto Velasco *et al.*, (1989) de 96.4% en bagazo de maguey con paja de trigo, y De León *et al.*, (1988) de 140%. Otros autores citan en sustratos similares eficiencias biológicas de 8.4 a 28.3% en paja de arroz (Mata y Gaitán, 1995; Tschierpe, y Hartman, 19774; Burgos, 1995).

López Cobá *et al.*, (2005) citan en sustrato de rastrojo de maíz eficiencias biológicas de 98 % superiores a lo que se obtuvo en este trabajo que fueron de 81 ± 54 . Sobal, *et al.*, (1993) cita en sustrato de pajilla de frijol eficiencias biológicas de 38 % inferiores a lo que se obtuvo en este trabajo que fueron de 76 ± 42 . En el caso del sustrato de hoja de plátano deshidratada no se han reportado trabajos similares para la obtención de hongo seta, la hoja de plátano como el pseudotallo se han implementado para el cultivo de *Volvariella volvacea* en zonas tropicales obteniendo eficiencias biológicas de 19.5 %, teniendo en cuenta que la producción de *P. ostreatus* tiene mayores rendimientos (Agripino y Dulce, 2006).

Las EB de CP-50 de *P. ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm, obtuvo mayores eficiencias biológicas en los sustratos de paja de trigo, cebada y hoja de plátano deshidratada comparadas con cepas nacionales y extranjera como es el caso de *P. ostreatoroseus* (92.1%), valores similares con *P. columbinus* (85.7%) y una cepa extranjera de *Pleurotus* spp., (68.4%) (Sánchez, *et. al.*, 1997).

Los sustratos utilizados en este experimento presentan una composición química diferente, estas diferencias hace que la capacidad productiva de la cepa 50 de *P. ostreatus* obtenga mayores rendimientos en sustratos ricos en minerales como es el caso de trigo que presenta una concentración de (0.30 % Nitrógeno, 0.85 % de Fosforo, 41.89 de carbono y 2.81 % de cenizas por cada 100 gr., de sustrato seco),

Olavarría (2000), para la cebada se han reportado valores de (0.40 % Nitrógeno, 0.11 % de Fosforo, 26.34 de carbono y 1.7 % de cenizas por cada 100 gr., de sustrato seco), Beare *et al.* (2002), en la hoja de plátano deshidratada con (2.58 % Nitrógeno, 0,21 % de Fosforo, 31.69 de carbono y 12.1 % de cenizas por cada 100 gr., sustrato seco), Fox, R. L. 1 (989), en el Maíz (0.25 % Nitrógeno, 0.09 % de Fósforo, 51.04 de carbono y 13.58 % de cenizas por cada 100 gr., de sustrato seco), Yumi, S. y Duchi, N. 2007 y frijol con (0.31 % Nitrógeno, 0.15 % de Fósforo, 31.5 de carbono y 3.5 % de cenizas por cada 100 gr., de sustrato seco), Ferreiro, H. M. 1990.

Cabe aclarar que las cifras presentadas anteriormente son valores promedio de series de amplia variación. Por ejemplo, la proteína en la fibra de cebada varía de 3.9 a 8.7%, en la de trigo de 2.4 a 5.8%, en el rastrojo de maíz de 2.0 a 7.1%, en la hoja de plátano de 9.8 a 12.60 % y en la pajilla de frijol de 6.0 a 7.9 %. La variación proviene principalmente del tipo de planta, aunque también son importantes otros factores como la variedad, el grado de madurez, el manejo, la fertilidad del suelo, la época de siembra, la ocurrencia de heladas, etc., que influyen en el desarrollo en general de las plantas y en consecuencia en la constitución nutrimental de ellas en un momento dado.

Montañez *et al.* (2008) encontraron una disminución de minerales totales del 4.2 % al inocular *P. pulmonarius* en paja de trigo. Contrariamente, Wiesche *et al.* (2000) observaron un incremento significativo del 13.8 % al inocular la cepa DSMZ 11191 de *P. ostreatus* sobre paja de trigo pasteurizada a diferentes temperaturas. Rajarathnam y Bano (1989) consideran que el contenido de minerales totales puede mostrar un incremento relativo cuando la materia orgánica es consumida en mayor proporción o permanecer sin cambios, cuando son asimilados en el desarrollo y fructificación del hongo.

Danciáng (1986) estudió la productividad de *P. ostreatus* en paja de arroz y en aserrín de madera y encontró que el primer sustrato produce un mayor número de carpóforos y de diámetro mayor que el aserrín, la diferencia en la productividad de

estos sustratos puede deberse a las diferencias de proteína cruda y de grasa, 15,10% y 0,35% para la paja de arroz, contra 3,2% y 0,14% para el aserrín, respectivamente. Los sustratos utilizados en este experimento presentan diferencias en estos componentes, así la paja de trigo presenta una concentración de proteína cruda y de grasa de 15,10% y 0,35% para cebada de 19.44 % y 8.61 % para hoja deshidratada de plátano de 17.89 % y 3.47 % para maíz de 4.92 % y 5.55 % y frijol con 9.43 % y 4.30 %.

Los valores de producción obtenidos en el presente trabajo, indican que la hoja de plátano deshidratada tiene un alto potencial como fuente lignocelulósica para la producción de *Pleurotus* spp., su E/B se encuentra entre los valores más altos registrados en sustratos como la paja de trigo y cebada en el cultivo de este hongo.

Por otra parte, dada la importancia que tiene el carbono para la célula, este elemento es el que más se utiliza durante el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus* spp., y puede ser asimilado a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos y lípidos. Sánchez *et al.*, (2002) encuentran relación con la disminución de C: N y aumento en la eficiencia biológica en cepas de *P. ostreatus* (CCMC H-041 e IE-8) y *P. pulmonarius* (IE-115) en mezclas con altos contenidos de madera de vid. Gupta *et al.*, (1999) determinaron una disminución en la relación C: N después de incubar por 25 días a *P. sajor-caju* en paja de cebada (25.6 %), bagazo de caña de azúcar (61.9 %) y hojas de plátano (57.1 %), las variaciones pueden deberse a la cepa y el tipo de sustrato. El aumento está relacionado con la disminución del nitrógeno del sustrato durante la fructificación, indicando su utilización en mayor proporción que el carbono, para la formación de cuerpos fructíferos.

3.4 CONCLUSIÓN

La cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* obtuvo un excelente desarrollo en el sustrato de hoja de plátano deshidratada al no presentar diferencia significativas con los sustratos de paja de trigo y cebada, ya que estos sustratos son los más convencionales en el cultivo de hongo seta por su alto grado de producción en las comunidades rurales, en contraste con los dos sustratos de bajo rendimiento como son el rastrojo de maíz y de frijol, donde el sustrato de hoja de plátano marcó diferencias significativas en la producción. Además, las condiciones rústicas de las instalaciones de la planta local, no afectaron el cultivo de hongo seta, además, puede ser una alternativa de aprovechamiento de los residuos de la cosecha de plátano de las regiones cercanas al municipio de Tetela de Ocampo, esta biotecnología podría adaptarse a las necesidades de los sistemas de producción familiar rurales, pudiéndose guardar un equilibrio apropiado con las actividades agrícolas y extra-agrícolas, proporcionando ingresos, oportunidades de trabajo y alimento (ingesta de proteína) a la población. Sin embargo, para lograr esto, es necesario establecer cursos de capacitación para dar a conocer las técnicas de cultivo de esta especie en sustratos de alto rendimiento y de bajos costos, como es el caso de la hoja de plátano deshidratada.

La importancia de utilizar como sustrato la hojas de plátano deshidratada (*M. paradisiaca* L.) en la producción rural de hongos comestibles con cepas altamente productivas, en este caso la CP-50 de *P. ostreatus*, es para mejorar y optimizar los recurso económicos de los productores al no adquirir como sustrato la paja de trigo o la cebada ya que estos tipos de materiales tienen un valor comercial más alto en el mercado, además que la hojas de plátano (*M. paradisiaca* L.) aplicando un adecuado manejo tiene buenos rendimientos para la producción de hongos comestibles.

3.5 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Mtro. Jaime Vázquez López, Vicerrector de Docencia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), por el apoyo financiero a este proyecto de investigación.

3.6 LITERATURA CITADA

- Agripino J. C., y Dulce-S., 2006. Cultivo de *Volvariella volvacea* en residuos de la cosecha de plátano y paja de cebada. *Revista Mexicana de Micología* 023: 87-92.
- Aguilar, A., D. Martínez-Carrera, A. Macías, M. Sánchez, L.I. de Bauer, A. Martínez, 2002. Fundamental trends in rural mushroom cultivation in Mexico and their significance for rural development. *In: Sanchez, J.E., G. Huerta, E. Montiel (eds.), Mushroom biology and mushroom products, Proc. 4th Intern. Conf. Cuernavaca, México, pp. 421-431.*
- Arenas, M.D. 1992. Evaluación de diferentes sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. 64p.: il. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía.
- ASERCA, 2008. La producción de plátano en México, alcances y perspectivas. *Claridades Agropecuarias* 21: 3-18.
- Beare, M.; Wilson, P.; Fraser, P. & Butler, R., 2002. Management effects on barley straw decomposition, nitrogen release, and crop production. *Soil Science Society of American Journal*. 66: 848-856.
- Burgos, D. 1995. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus djamor* en bagazo de henequén fermentado en forma comparativa con *Pleurotus ostreatus*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Buswell, A.J., Y.J. Cai, S.T. Chang, 1993. Fungal-and substrate-associated factors affecting the ability of individual mushroom species to utilize different lignocellulosic growth substrates. *In: Chang, S.T., J. A. Buswell, S. W. Chiu*

(eds.), Mushroom biology and mushroom products. The Chinese University Press, Hong Kong. pp. 141-150.

- Chang, S.T., P.G. Miles, 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. CRC Press. BocaRaton.
- Danciang, C. 1986. Culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Florida) on five farms wastes at different levels of ammonium sulfate [Philippines]. CLSU [Central Luzon State University] .*Scientific Journal*. (Philippines). Vol.6, No.1, pp.64.
- De León, R; G. Guzmán y D. Martínez-Carrera. 1988. Planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Guatemala. *Revista Mexicana de Micología*. 4:297-301.
- Enciclopedia de los municipios de Puebla 2006.
- Ferreiro, H. M., 1990. Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal. Morelia, Michoacán.
- Fox, R. L. 1989. Banana. En Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops. D.L. Plucknett y H.B. Sprague (Ed.). Westview Press. Colorado, pp 337-354.
- Gupta, M., C.R. Sarkar, S. Gupta, 1999. Changes in contents of carbon, nitrogen, C: N ratio and weight loss of different substrates during cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Mushroom Research* 8: 39-41.
- Guzmán, G., 1997. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Instituto de Ecología. Xalapa, pp 111,117.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto-Velazco, L. Guzmán- Dávalos, 1993. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. IPN. México D.F., 245 pp.
- Leal-Lara, H. 1985. La utilización microbiológica de desperdicios lignocelulósicos. Potencialidades y perspectivas. In: Fundación Barrios Sierra, CONACYT (ed.). *Prospectiva de la Biotecnología en México*. México. D.F. pp. 65.

- López Cobá, E., L. Ancona Méndez y S. Medina Peralta. 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología*. 21: 93-97.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, P. Morales, M. Sobal, W. Martínez & A. Aguilar, 1993. Los hongos comestibles en México: biotecnología de su reproducción. *Ciencia y Desarrollo* (CONACYT) 108: 41-49.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué, M. Aliphath, A. Aguilar, M. Bonilla & W. Martínez, 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria. Academia Mexicana de Ciencias CONACYT, México, D.F. Pp.193-207. ISBN968-7428-11-2.
- Mata, G., D. Martínez, 1988. Estimación de la producción anual de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de los hongos comestibles en México. *Revista Mexicana de Micología* 4: 287-296.
- Mata, G., R. Gaitán-Hernández, 1995. Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar. *Revista Mexicana de Micología*. 11: 17-22.
- Montañez, O.D., E.O. García, J.A. Martínez, J. Salinas, R. Rojo, J.G. Peralta, 2008. Use of *Pleurotus pulmonarius* to change the nutritional quality of wheat straw. I. Effect on chemical composition. *Interciencia* 33: 435-438.
- Mora, V. & D. Martínez-Carrera, 2007. Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. Capítulo 1.1, 17 pp. In: El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. 230 pp. ISBN 978-970-9712-40-7.b.
- Olavarria, G. 2000. Caracterización enzimática cualitativa de cepas fúngicas de un suelo trumao y determinación mediante parámetros químicos de su capacidad para biodegradar paja de trigo. Tesis de Licenciado en Ciencias Agrarias. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Pérez-Merlo, R., G. Mata, 2005. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. *Revista Mexicana de Micología* 20: 53-59.

- Rajarathnam, S., Z. Bano, 1989. *Pleurotus* Mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulosic wastes: comercial applications and implications. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28: 31-113.
- Reyes, G. R., A.E. Abella, F. Eguchi, T. Iijima, M. Higaki, T.H. Quimio, 2004. Growing paddy straw mushroom. *In: Mushroom grower's handbook 1; Oyster mushroom cultivation. Mushroom World.* Seul, pp. 262-269.
- Salmones, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez, G. Guzmán, 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología* 14: 173-176.
- Sánchez, A., F. Ysunza, M. Beltrán-García, M. Esqueda, 2002. Biodegradation of viticulture wastes by *Pleurotus*: A source of microbial and human food and its potential use in animal feeding. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 2537-2542.
- Sánchez, J.E., G. Huerta, L. Calvo-Bado, 1997. The cultivation of edible fungi as a sustainable alternative in tropical regions. *In: Palm, E.M., H.I. Chapela (eds.), Cultivation of edible fungi.* Parkway Pub. Boone, pp. 227-237.
- Sobal, M., P. Morales y D. Martínez-Carrera. 1993. Utilización de los rastrojos de haba y frijol como substratos para el cultivo de *Pleurotus*. *Micología neotropical aplicada* 6: 137-141.
- Sobal, M., P. Morales, M. Bonilla, G. Huerta & D. Martínez-Carrera. 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1, 14 pp. *In: El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México.* J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7.
- Soto-Velazco, C., L. Guzmán-Dávalos, O. Rodríguez, 1989. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo. *Revista Mexicana de Micología* 5: 97-101.
- Stamets, P., 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press. Hong Kong, pp. 343-350.

- Tschierpe, H.J., K. Hartman, 1977. A comparison of different growing methods. *Mushrooms Journal* 60: 404-416. Terán, S., C. Rasmussen, 1994. La milpa de los mayas. La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noreste de Yucatán. DANIDA, México.
- Valencia del Toro, G., M. Garín., J. Jiménez, H. Leal-Lara, 2003. Producción de cepas coloridas de *Pleurotus* spp., en sustrato estéril y pasteurizado. *Revista Mexicana de Micología* 17: 1-5.
- Wiesche in der, C., M. Wolter, F. Zadrazil, 2000. Activities of ligninolytic enzymes as a means for monitoring the colonization of straw substrate pretreated at different temperatures by *Pleurotus ostreatus*.
- Yumi, S.y Duchi, N. 2007, Digestibilidad in vivo de rastrojo de maíz (*Zea mayz*) tratado con urea y melaza en ovinos. *Ecociencia* (Ecuador) 1,1(1):49-54.

CAPÍTULO IV

Elaboración de Inoculo de *Pleurotus ostreatus*, en una Campana de Flujo Laminar Casera*

4.0 RESUMEN

El hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) es mas cultivado por productores debido a sus bajos requerimientos de inversión en comparación con otros cultivos agrícolas comerciales, además de la facilidad de cultivo, adaptación a los subproductos agroindustriales locales y a las instalaciones requeridas. Sin embargo, la tecnología empleada hasta ahora por los pequeños y medianos productores, está basada en la adquisición permanente de inóculo (semilla) principalmente a instituciones educativas y laboratorios agroindustriales, haciendo que la actividad sea dependiente de la disponibilidad del inóculo, maltrato de transportación, además de incrementar los costos de producción, debido al elevado costo del inóculo, es por ello que la producción rural de inóculo de hongo seta a través de una campana de flujo laminar de fabricación casera (rústica) es una herramienta que se está desarrollando en la Escuela de Ingeniería Agroforestal (BUAP) y más importante, ser un modelo que sea capaz de ser trasferido a la región de la Sierra Norte del estado de Puebla, representando una alternativa tecnológica apropiada para impulsar el cultivo de hongos comestibles, así como la generación de empleos en la región.

Palabras clave: Hongo Seta, Inóculo, Laboratorios Agroindustriales, Campana de Flujo Laminar Rústica.

* Journal of Scientific Research and Essays
No. SRE-10-693

4.1 INTRODUCCIÓN

La producción mundial de hongos comestibles está representada por alrededor de 15 especies, de las cuales las más representativas son el champiñón (*Agaricus spp.*), el shiitake (*Lentinula edodes*), el hongo seta (*Pleurotus spp.*), y el enokitake (*Flammulina velutipes*) (Chang y Miles, 1989). En Latinoamérica, la producción comercial de hongos comestibles (principalmente champiñón) se incrementó en un 32% en el año 2001. Esto provocó que la derrama económica aumentara en más de 167 millones de dólares al año y la creación de 34,000 empleos en esta actividad. La demanda para el consumo interno y de exportación de hongos comestibles se incrementó en el periodo 1995-2001 un 32 % pasando de 49,975 a 65,951 ton anuales (Martínez-Carrera, 2002).

Los países que más incrementaron su producción en el período 1995-2001 fueron: México (58.6%), Chile (17.6%) y Brasil (10.6%), lo que constituye el 86.8% de la producción total de hongos comestibles en Latinoamérica (Martínez-Carrera, 2002). De esta manera, en México la producción de hongos comestibles ha evolucionado a tal grado que es el principal productor en Latinoamérica, ocupando el vigésimo octavo lugar a nivel mundial y donde el consumo per cápita se ha incrementado lentamente en los últimos años. A diferencia de las actividades agrícolas, ganaderas, y forestales que llevan siglos de practicarse en México, la biotecnología de producción de hongos comestibles tiene solamente 66 años de desarrollo estable y creciente (Martínez-Carrera, 1991b). Considerando el actual contexto nacional e internacional, es imprescindible promover una mayor investigación básica y aplicada, vinculada directamente al sector de producción rural y comercial de hongos comestibles, en regiones estratégicas del país.

El hongo seta (*Pleurotus spp.*) muestra una facilidad de cultivarlo alrededor del mundo por sus múltiples características (Medicinal, Biorremediador ambiental, producción de enzimas, etc.), además de su fácil manipulación para cultivarlo en residuos agroindustriales, presentando una rápida descomposición de materia

orgánica favoreciendo el agro-ecosistema, impulsando a los pequeños productores rurales por sus bajos costos de producción, la generación de empleos y proporcionar un valor adicional a sus productos a través de conservas o mermelada de hongo seta (Melo de Carvalho C. Suely, *et al*, 2010).

Los residuos del cultivo de hongo seta podrían utilizarse como abono orgánico, incorporarse al suelo como acondicionador y/o mejorador de las propiedades físicas, o bien, constituir parte de mezclas elaboradas en la producción de sustratos para viveros (T. Varnero María, *et. al*, 2010).

El cultivo de hongos comestibles es un proceso que permite liberar el recurso tierra, ya que se obtienen grandes volúmenes de producción en espacios relativamente pequeños. En las fases tempranas de la micología, las observaciones jugaron un papel muy importante en el método del cultivo de hongos comestibles (Martínez-Carrera *et al.*, 1995). La generación de tecnologías es un aspecto primordial que contribuye a resolver problemas de distinta índole, estas tecnologías son generadas por los centros de investigación y, para demostrar su viabilidad deben ser transferidas al sector beneficiario de ellas (Almanza, 1994; Gaiska, 1997). La tecnología aplicada al cultivo de hongos comestibles permite obtener grandes producciones en relativamente poco espacio, tiene una amplia aceptación a nivel urbano y rural por sus propiedades alimenticias, ya que el hongo seta representa ser un alimento con 350 calorías comparado con la carne roja que solo contiene 150 calorías ó el pescado que contiene 101 Cal. (Romero-Arenas *et al.*, 2010).

La transferencia de tecnología que se está proponiendo en este trabajo de investigación, es la producción de inóculo de hongo seta para la producción rural, ya que se está impulsando e innovando la tecnología de producción de inóculo (semilla) a bajos costos en el sector rural, a través de la fabricación de una campana de flujo laminar rústica, que presenta un espacio higiénicamente limpio, que encierra aire estéril donde se puede manipular micelio de hongo seta de su ambiente normal en el que debe competir con un huésped de otros organismos para sobrevivir, esto

permitiría la optimización de sus recursos y que el proceso de adopción sea más benéfico para los pequeños productores de hongos comestibles como se está desarrollando en el centro de investigaciones de semilla de Nah Phok en LAOS de la (RPD), República Popular Democrática (Ogden y Prowse, 2005).

Con base en lo anterior, se establece que el papel de la biotecnología de producción de inóculo de hongos comestibles, principalmente el hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) será pionera en su área para impulsar el desarrollo de zonas rurales y fundamental en el papel de fortalecer la sostenibilidad agrícola mediante el aprovechamiento y reciclaje de subproductos agroindustriales, para obtener un alimento socialmente aceptado, de alto valor medicinal, proteínico, y comercial, además de generar fuentes de empleo en las comunidades rurales.

El objetivo del presente trabajo fue demostrar las bondades de la producción de inóculo, mediante el uso de una campana de flujo laminar rústica para ser transferida a las comunidades rurales del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en la Escuela de Ingeniería Agroforestal, de la Unidad Académica Regional Tetela de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, específicamente en la Planta experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles ubicada en Av. Universidad S/N, Barrio Benito Juárez, Tetela de Ocampo, Puebla.

- 4.2.1 Cepas y Sustratos

La cepa (CP-50) de *P. ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm., empleada en el estudio proviene del Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados, y está depositada en el Cepario de Hongos Comestibles del Campus Puebla-México.

La cepa es mantenida en un medio compuesto de agar papa y dextrosa (PDA) marca Bioxon, a temperatura ambiente (Sobal, *et al.*, 2007). Los sustratos utilizados en la elaboración del inóculo (Semilla) fueron grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) y grano de maíz (*Zea mays* L.) adquiridos en la región de Tetela de Ocampo, Puebla-México. La preparación del inóculo se realizó en la Planta Experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles en la comunidad de Benito Juárez, población del municipio de Tetela de Ocampo, este municipio se localiza en la Sierra Norte del Estado de Puebla, y sus límites geográficos son: 19° 43' 00" y 19° 57' 06" de latitud norte y 97° 38' 42" y 97° 54' 06" de longitud Oeste. Sus colindancias son al Norte con los municipios de Cuautempan y Tepetzintla, al Sur con Ixtacamaxtitlán, al Oeste con Xochiapulco y Zautla, y al Oriente con Aquixtla, Zacatlán e Ixtacamaxtitlán (Enciclopedia de los municipios de Puebla 2006).

4.3 DESARROLLO

El término inóculo o semilla se refiere normalmente al micelio del hongo utilizado para inocular el sustrato definitivo donde el hongo fructificará, es decir, el material empleado para “sembrar” cuando se cultivan hongos comestibles. Sin embargo, hay dos tipos de semilla: la semilla madre y la secundaria o semilla para la siembra. La semilla madre proviene directamente del micelio del hongo cultivado sobre un medio nutritivo, esto significa que para su preparación el sustrato empleado se inocula con un trozo de agar. Para producir la semilla secundaria, por el contrario, el sustrato es inoculado con semilla madre en estado de crecimiento activo. El sustrato utilizado para obtener ya sea la semilla madre o la semilla secundaria son granos o residuos forestales como el aserrín. Frecuentemente, el primero en frascos o botellas y el segundo en bolsas de plástico termo-resistentes (Quimio, 2002). Para llevar a cabo el proceso de preparación de inóculo se requiere una campana de flujo laminar vertical, ya que protege la muestra de contaminación. Durante la operación el aire es aspirado a través de un pre filtro localizado en la parte superior del gabinete para atrapar las partículas grandes, después el aire es impulsado a través de un filtro HEPA (*High Efficiency Particulate Arrestance*) con eficiencia de 99.99% y es

proyectado verticalmente al área de trabajo; el aire filtrado a través del filtro HEPA evita que las partículas contaminantes entren, dando un ambiente de trabajo libre de partículas que disminuye la contaminación cruzada, es por ello que se planteó la fabricación de una campana de flujo laminar vertical rústica, para fortalecer la producción rural de hongo seta en la región de la Sierra Norte del estado de Puebla, con el objetivo de transferir esta tecnología a costos accesibles a los productores y generar agro negocios exitosos en la cadena productiva de hongos comestibles.

La campana de flujo laminar rústica bajo prueba se fabricó con materiales de la región, en este caso se utilizó madera y herrería de 5x3x1, 6 mm., acabados en pintura anti óxido color blanco (**Figura 12**), solamente se adquirió el filtro HEPA con un distribuidor autorizado, una turbina incorporada en la parte media superior impulsada por un motor eléctrico de ¼ Hp, a 3000 rpm, que extrae el aire de la sala mediante un pre filtro en la parte superior del gabinete y luego a través del filtro HEPA cuya función es eliminar el 99.99 % de todas las partículas de 0.3 micras o mayores, de tal modo que el aire sin partículas sea



Fig.12 Campana de Flujo Laminar Rustica.

proyectado verticalmente a través del área de trabajo. El aire es capturado en rejillas al frente y en la parte posterior del gabinete, es llevado al exterior donde hay un área dentro del banco limpia por el flujo entrante de aire en el frente del gabinete. La velocidad promedio obtenida del flujo descendente es 50 fpm (17.8 m/s); la velocidad promedio del flujo de admisión es 75 fpm (23.6 m/s); el volumen de descarga es 398 cfm (12.9 m³/min). Posteriormente a las pruebas antes mencionadas se procedió a la elaboración del inóculo con los sustratos de la región ya mencionados.

- 4.3.1 Preparación de la Cepa CP-50 de *P. ostreatus*

El medio de cultivo agar de papa dextrosa (PDA, Bioxon) se envasó en frascos de 500 ml marca Duran, Alemania y se esterilizaron a 121 °C durante 20 minutos. Posteriormente, bajo condiciones asépticas en la cámara de flujo laminar rústica, el medio de cultivo se vertió en cajas de Petri estériles de plástico de 90 mm de diámetro, cada una con aproximadamente 20 ml de PDA (Stanley, Herbert O., 2010). Las cajas de Petri se inocularon con rodajas de 5 mm diámetro del medio de cultivo previamente colonizado con la cepa CP-50 de *P. ostreatus*, bajo condiciones asépticas dentro de la campana de flujo laminar rústica ya descrita.

Las cajas de Petri inoculadas se incubaron a 25°C hasta que el micelio colonizó completamente el medio de cultivo lo que tomó un promedio de 7 días. Se realizaron 3 réplicas y dos experimentos independientes para corroborar la eficiencia de la campana de flujo laminar rústica.

- 4.3.2 Preparación de la Semilla Madre (MASTERS)

La semilla madre es usada para inocular los secundarios, que en su turno serán empleados como inóculo del sustrato que producirá fructificaciones de hongo seta. El sustrato madre, por otra parte es inoculado con un trozo de agar con micelio proveniente de un cultivo puro de la cepa.

El inóculo se preparó utilizando semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.) y maíz (*Zea mays* L.), el tratamiento control consistió en hervir 300 g de trigo y 200 g de maíz durante 20 minutos en 5 L de agua, se dejó reposar durante 30 minutos. A continuación se escurrió en una charola de plástico con capacidad de 10 Kg durante 60 minutos, esta parte es crítica; su ejecución correcta evita semillas demasiado secas o muy húmedas que afectarán el crecimiento micelial. Si los granos quedan muy secos, el crecimiento del micelio será muy lento. Si los granos tienen mucha agua, el crecimiento es también muy lento y finalmente se detendrá cuando el agua se acumule en el fondo. La humedad óptima para los granos es alrededor del 50 %.

La humedad fue determinada mediante un higrómetro digital, posteriormente se le adicionaron las cantidades de 5 g de cal y 20 g de yeso y se homogenizaron junto con el trigo y el maíz para alcanzar un pH alcalino de alrededor de 9 (Romero, 2007; Stanley, Herbert O., 2010).

Después se colocaron 500 g de mezcla en frascos con capacidad de 1, 000 ml y se esterilizaron durante 60 minutos a 121°C. Cuando los frascos se enfriaron (24 hrs después), se procedió a la inoculación con agar colonizado de la cepa CP-50 de *P. ostreatus*, para esto se uso un bisturí para cortar el agar en pequeños cuadros o trozos y transferirlos a los frascos con granos estériles dentro de la campana de flujo laminar rústica donde se incubaron a temperatura ambiente durante 25 días.

- 4.3.3 *Preparación de la semilla secundaria*

Los granos de trigo y de maíz también pueden ser usados para producir semilla para siembra (secundaria), como se realizó en este experimento, a esto se le denomina inoculación de grano a grano. El crecimiento micelial que mostró la cepa en el sustrato es 25% más rápido que al de la semilla madre; porque el micelio se adaptó al sustrato en un corto periodo de tiempo (7 días). Además se obtuvo una mayor cantidad de semilla para la siembra en los sustratos. La preparación de semilla consistió en inocular el sustrato que sirvió para producir la semilla para siembra; se usó semilla madre de crecimiento vigoroso, la inoculación se realizó nuevamente en la campana de flujo laminar rústica (**Figura 13**), y en la misma forma descrita para la siembra de los granos de semilla madre. Los frascos se agitaron y una pequeña cantidad de semilla madre se depositó en el interior de las bolsas previamente



Fig. 13. Semilla secundaria elaborada en una campana de flujo laminar rústica.

preparadas como se describió anteriormente para obtener la semilla secundaria (Romero-Arenas *et al.*, 2010). En general, 1 Kg de semilla madre, será suficiente para obtener 30 Kg de semilla secundaria. Durante la incubación se procedió en la forma que se indicó para la semilla madre.

- 4.3.4 *Control de calidad de la semilla*

El control de calidad en la elaboración de semilla consistió en la inspección constante para eliminar todas aquellas unidades visiblemente contaminadas o que exhibían diferencias inaceptables en apariencia o en crecimiento. Aquí es fundamental que los productores de semilla rústica tengan una instalación adecuada donde puedan evaluar las características de producción de semilla, además de estar en contacto con los investigadores del laboratorio de micología de la Escuela de Ingeniería Agroforestal, así las inconveniencias de la producción de semilla puedan ser corregidos con rapidez.

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del trabajo muestran que la producción de inóculo o semilla de *Pleurotus ostreatus* utilizando la campana de flujo laminar rústica, resultó eficiente ya que no presentó contaminación y el inóculo presentó las características apropiadas (color, olor, consistencia e inocuidad) para la producción del hongo seta.

La propuesta de utilización de la campana de flujo laminar rústica, además de cumplir con la producción adecuada del inóculo para la producción del hongo seta, tiene como fin adicional disminuir los costos de producción, ya que el costo de fabricación de la misma representa un 40% del costo de una campana de características similares de cualquier marca comercial.

Así la inversión para el desarrollo de una campana de flujo laminar rústica es de \$ 14, 000.00, que comparado con el costo de una campana de marca similar de laboratorios es de \$ 35, 000.00. Esta diferencia en la inversión inicial resulta

significativa y representa un ahorro considerable para los productores de hongos, lo que contribuirá a incentivar esta actividad en las comunidades rurales del municipio de Tetela de Ocampo. Considerando que las campanas de flujo laminar en general, tienen una vida útil de 2 a 3 años dependiendo del uso al cual sean sometidas y que está determinado por la durabilidad del filtro HEPA, esta propuesta de la campana rústica justifica su inversión inicial pues libera de la dependencia de inóculo a los productores, lo que incrementará las ganancias que éstos puedan obtener.

La propuesta de utilización de una campana de flujo laminar rústica, es novedosa ya que representa el empleo de una tecnología desarrollada localmente, con materiales disponibles en cualquier población pequeña y puede ser de mucha utilidad para hacer más rentable el proceso de producción de hongo seta e incentivar el desarrollo de proyectos productivos en las zonas rurales del país.

A raíz de lo expuesto en este trabajo de investigación, el cultivo de hongo seta supone la necesidad de establecer programas de fabricación de semilla a través del uso de una campana de flujo laminar rústica como estrategia para los productores de la región, al desarrollar cepas específicas adaptadas a ambientes y substratos locales. En tal situación, las investigaciones futuras necesitarán enfocarse hacia el desarrollo de conocimiento básico sobre el cultivo de hongos comestibles, la caracterización apropiada y la clasificación taxonómica de cepas silvestres, además sobre los procedimientos para la conservación y la duplicación de especímenes de carácter comercial, sobre las técnicas para conservar genotipos, los cruzamientos para la formación de híbridos altamente productivos y sobretodo la producción de inóculo utilizando los residuos agroindustriales de la región.

4.5 CONCLUSIONES

Con base en los resultados del trabajo se concluye:

- La campana de flujo laminar rústica es una opción para la producción de semilla de hongos setas *P. ostreatus* a bajos costos y su implementación es accesible a cualquier productor.
- La calidad del inóculo o semilla producida con esta innovación tecnológica, es similar a la que se puede obtener empleando tecnología comercial, pero con costos de producción menores.
- La difusión de este tipo de tecnologías hacia el medio rural, es una propuesta que debe ser implementada en regiones similares, con el fin de incentivar esta actividad a favor de los productores.

4.6 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Pedro Hugo Hernández Tejeda, Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) por el apoyo financiero a este proyecto de investigación.

4.7 LITERATURA CITADA

- Almanza, S. 1994. Transferencia de biotecnología a países de desarrollo intermedio: algunas consideraciones generales. BIOCIT SIGLO XXI 8: No.9.
- Chang, S. T. & P. G. Miles, 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press Inc., Boca Raton, FL.

- Gaiska, A. B., 1997. Programas de transferencia de tecnología agropecuaria en México (Análisis de casos). In: Mata, G. B., G. Pérez, Sepúlveda, y F. de León (Coord.). Transferencia de tecnología agropecuaria en México. Crítica y propuestas. IICA, UACH, UAM, México.

- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2005. Enciclopedia de los Municipio de México, Estado de Puebla. Obtenida 6 de Noviembre de 2008. Disponible en Línea www.e/local.gob.mx/word/templates/enciclo/puebla/index.html.

- Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micol. Apl., Int.* 14:61-74.

- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, P. Morales, W. Martínez, A. Aguilar and A. Larque-Saavedra, 1995. Edible mushroom cultivation and sustainable agriculture in México. *The African Journal of Micology and Biotechnology* 3 (1): 13-18.

- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal & A. Larqué-Saavedra, 1991b. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* 96: 33-43.

- Melo de Carvalho C. Suely, Sales Campos Ceci and Nogueira de Andrade M. Cristina. 2010. Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a Review of cultivation techniques. *Interciencia*, Vol. 35 N° 3. pp., 177-182.

- Ogden Adrian, Prowse Katherine. 2005. Manual del Cultivador de Hongos. Gourmet Woodland Mushrooms Ltd., Reino Unido. ISSN: 1739-1377., 292 pp.

- Quimio, T. 2002. La Biología y el Cultivo de *Pleurotus* spp.: Preparación de la semilla. Sánchez, J. comp. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chiapas, México, D. F., MX, Editorial Limusa S.A. pp., 125-137.

- Romero-Arenas O. 2007. Desarrollo Tecnológico Para Controlar el Moho Verde (*Trichoderma* spp.) Durante el Cultivo Comercial de los Hongos Comestibles (*Pleurotus* y *Lentinula*) en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. 136 pp.

- Romero-Arenas O, Huerta Lara M, Damián Huato M.A., Macías López A, Tapia Rojas A.M., Parraguirre Lezama C., Juárez Huerta J. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando hoja de plátano deshidratada (*Musa paradisiaca* L.), en relación de otros esquilmos agrícolas. *Agronomía costarricense*, 34 (1) pp., 53-63.

- Stanley, Herbert O. 2010. Effect of substrates of spawn production on mycelial growth of Oyster mushroom species. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 1(5) pp. 817-820.
- Sobal, M., P. Morales, M. Bonilla, G. Huerta & D. Martínez-Carrera. 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1, 14 pp. In: El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp., en México. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7
- T. Varnero María, S. Quiroz Madelaine y H. Álvarez Cristian. 2010. Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*), *Información Tecnológica* Vol. - 21 N° 2 pp. 13-20.

CAPÍTULO V

Estrategia para Impulsar el Cultivo de Hongo Seta (*Pleurotus ostreatus*) en Comunidades Rurales del Municipio de Tetela de Ocampo-Puebla

5.1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de hongos comestibles es un ejemplo claro del desarrollo sustentable, ya que en esta actividad las fases del crecimiento de los hongos comestibles mantienen una armonía con la naturaleza, tanto interna (los productores de hongos comestibles) como externa (pequeñas áreas que se ocupa para cultivar hongos comestibles), además de requerir poca cantidad de agua en cortos períodos de tiempo en comparación con otros productos alimenticios. El material de desecho después del cultivo de hongos comestibles puede ser usado para alimento de animales, o para lombricomposta y, finalmente ser utilizados como fertilizantes orgánicos para el cultivo de granos básicos como el maíz y frijol, proporcionando beneficios adicionales para los sistemas familiares de producción. En los últimos años la biotecnología de producción de hongos comestibles ha tenido una importancia relevante en la alimentación en el medio rural mexicano. Esta biotecnología está compuesta por varias tecnologías, principalmente la de producción del inóculo o "semilla", la de producción de hongos comestibles y la del procesamiento de los hongos comestibles a través del envasado, deshidratado y congelado. A estas tecnologías se integran estudios recientes de agentes biológicos contaminantes, que consiste en el manejo, prevención y control.

La estrategia propuesta en esta investigación representa el potencial para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, utilizando subproductos agrícolas como maíz, frijol, cebada, hoja de plátano deshidratada etc., de la región de Tetela de Ocampo y regiones aledañas y la producción de semilla artesanal, esto implementará un sistema de producción adecuado para la región.

5.4 OBJETIVOS

5.4.1 OBJETIVO GENERAL DE LA ESTRATEGIA (ver Figura 14)

Contribuir al mejoramiento de la producción de hongo seta, utilizando subproductos agrícolas del municipio de Tetela como: el maíz, frijol, cebada y hoja de plátano deshidratada; y desarrollar producción de semilla artesanal.

5.4.2 OBJETIVOS PARTICULARES DE LA ESTRATEGIA (ver Figura 14)

- Aumentar visitas a plantas productoras de hongo seta del municipio.
- Realizar programas de capacitación del cultivo de hongo seta.
- Realizar diagnósticos para detectar la presencia de *Trichoderma* spp., para un oportuno control.

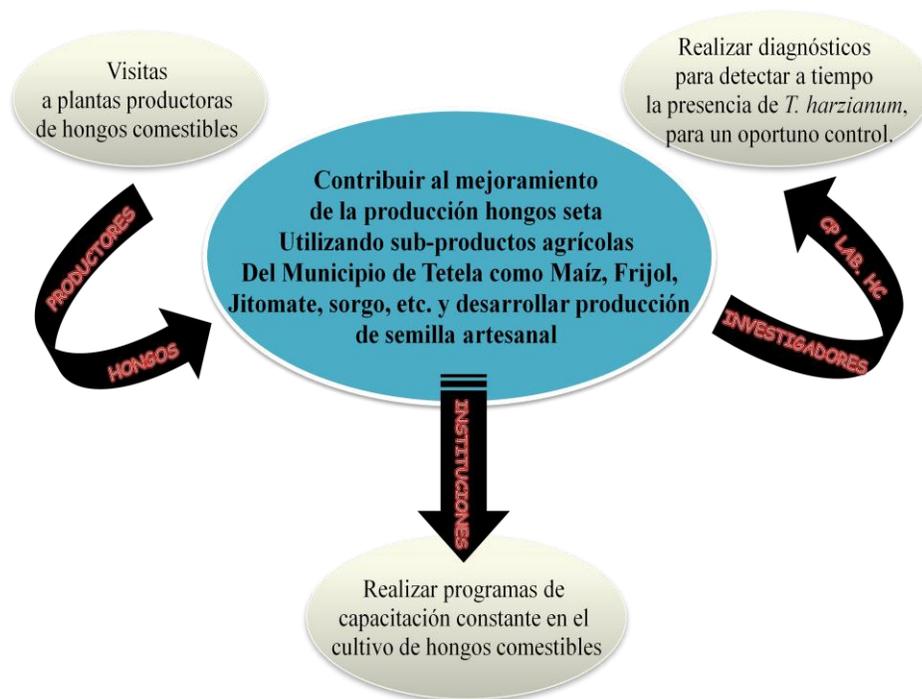


Fig-14 Objetivos de la Estrategia

5.5 ACTORES DE LA ESTRATEGIA

Los actores para aplicar la presente estrategia son:

1°. Los productores de hongos comestibles de las zonas rurales de las comunidades del municipio de Tetela de Ocampo Puebla, ya que la presente investigación se desarrolló principalmente para ellos.

2°. Los investigadores del Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles de la Unidad Regional Tetela Escuela de Ing. Agroforestal-BUAP, mediante el programa de vinculación institución-productores de hongos comestibles.

3°. Las instituciones del sector que están involucradas en el desarrollo regional que ofrezcan apoyo financiero, científico y tecnológico.

5.6 FACTORES LIMITANTES DETECTADOS EN LA CADENA PRODUCTIVA DE HONGO SETA



Fig-15 Factores limitantes detectados en la cadena productiva de hongo seta.

5.5 PLAN DE ACCIÓN DE LA ESTRATEGIA

Para llevar a cabo la presente estrategia con los actores anteriormente mencionados, se propone lo siguiente:

1) Productores: se plantea llevar a cabo cursos, talleres y reuniones con el fin de llevarles las ventajas de utilizar subproductos agrícolas de su región, preparación de inóculo de manera artesanal y control del "moho verde".

2) Investigadores del Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles de la Unidad Regional Tetela Escuela de Ing. Agroforestal-BUAP: serán los encargados de impartir los cursos o talleres de capacitación a los productores. Esto debido a que es el grupo de investigación donde se ha desarrollado este novedoso proceso.

3) Instituciones del sector: las instituciones del sector, como SAGARPA, SDR, Fundación Produce, Ayuntamiento de Tetela, jugarán un papel muy importante desde el punto de vista del financiamiento.

5.7 ESTRATEGIA

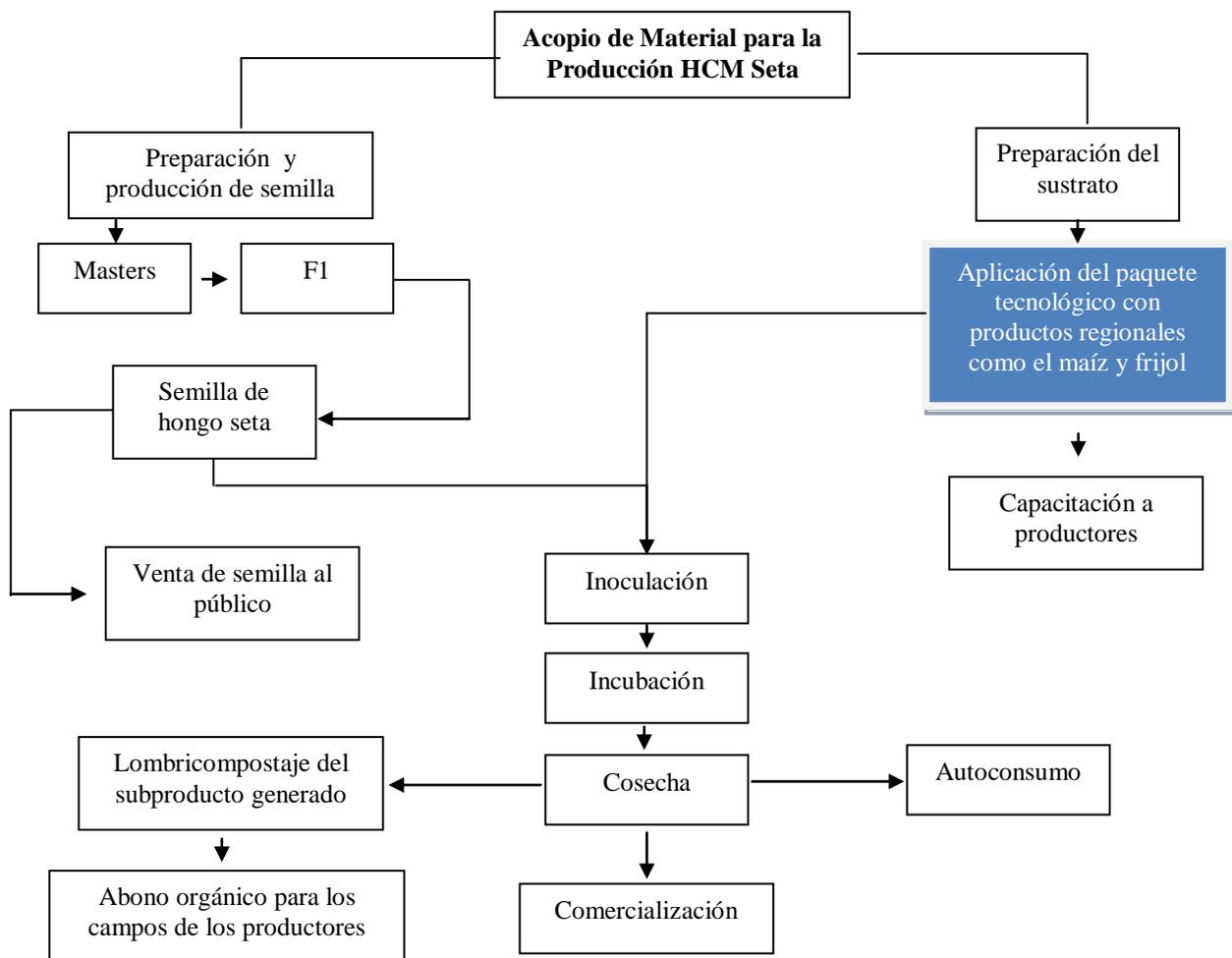
El sistema óptimo para la producción rural de hongo seta sustentable, que se propone en la presente investigación, es la utilización de subproductos agrícolas regionales, en este caso los del Municipio de Tetela de Ocampo-Puebla, como: el maíz, frijol, cebada y hoja de plátano deshidratada, teniendo en cuenta que ecológicamente más del 70% de los insumos agrícolas son desperdicios y desechados de manera incorrecta en el ambiente generando daños a largo plazo y agotando los recursos de las zonas agrícolas, además de la utilización del subproducto de la actividad de la producción del hongo seta como abono orgánico a través del proceso de lombricomposta para acondicionar los campos de los productores rurales y mitigar un poco el impacto al agro-ecosistema y económico al no depender de los agroquímicos.

Comercializar los hongos en los mercados regionales de mayor demanda a corto plazo, así como también en los centro de acopio cercanos a mediano plazo y a la central de abastos de Puebla y México a un plazo mayor y potencializar el autoconsumo en zonas rurales ya que se puede considerar como un alimento estratégico por su alto valor proteínico, además de aprovechar los cursos de manera gratuita por parte del ayuntamiento de Tetela para la elaboración de envasado, conservas y mermelada utilizando el hongo seta como materia prima, de esta manera preservar el producto y evitar mermas, así como también agregar un valor adicional obteniendo beneficios al productor, mejorar sus ingresos y fortalecer su competitividad en la producción de hongo seta que cumple este cometido, ya que es un sistema donde hay un manejo adecuado y eficiente de los recursos agroecológicos, humanos, técnicos y económicos disponibles, para el aumento del nivel de vida de las familias rurales (**Figura 16**).

5.7.1 DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA PARA FORTALECER LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE HONGO SETA

Transferencia de tecnología a los productores interesados, para la producción de hongo seta, además de la conformación de organizaciones de productores, esto con el fin de aprovechar las ventajas y poder concursar para obtener apoyo de financiamiento por parte de proyectos Municipales o dependencias gubernamentales.

(Fig-16) DIAGRAMA DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE HONGO SETA



5.6.2 ACCIONES ESTRATÉGICAS

5.6.2.1 Acciones a Corto Plazo;

- Descripción del proceso de producción a los integrantes de la cooperativa, a través de 1 curso de capacitación, donde se adecuan las condiciones de las instalaciones para la producción de hongo seta (Figura 17).

PLANO DE LA PLANTA REGIONAL DE HONGOS SETA

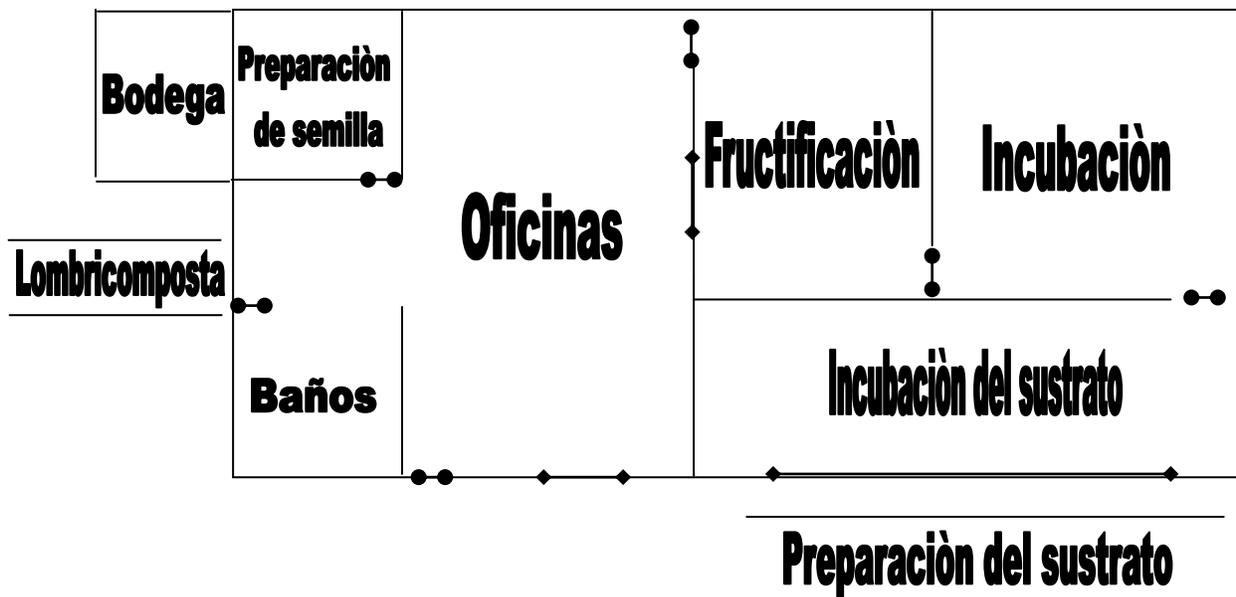


Fig-17 Esquema general de la planta regional de Hongo Seta.

- Dos cursos teóricos y dos talleres prácticos de capacitación para el uso, manejo y funcionamiento adecuado del paquete tecnológico para la producción sustentable de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) a los integrantes de la cooperativa, resaltando la parte técnica que consiste en el peso promedio de la unidad de producción debe ser de 6 Kg (peso húmedo de sustrato), una relación de 1:10 para la inoculación de la cepa seleccionada, mantener la temperatura ambiente ($26 \pm 2^{\circ}\text{C}$), la aparición de primordios es de suma importancia para dar inicio la etapa de producción, las bolsas se trasladaron al cuarto de fructificación donde se propiciaron condiciones apropiadas de humedad (70-80%), temperatura ($26^{\circ}\text{-}28^{\circ}\text{C}$), luz diurna indirecta, y aeración (extracción de aire por 1 h, cada 8 hrs).

- Producir mínimo de 90 bolsas de sustrato para obtener 270 kg de hongo seta fresco por semana, de esta manera se recuperará la inversión y se obtendrá una rentabilidad donde la TIR sea mayor que la tasa de actualización.

5.6.2.2 Acciones a largo plazo;

- 1.- Empaquetamiento y etiquetado del producto.
- 2.- Distribución y venta del producto final.
- 3.- Realizar una evaluación y análisis de la demanda de hongos (setas) existente en el mercado que permitirá vincularse con posibles clientes y/o compradores, estableciendo canales de distribución y venta, localizando los puntos estratégicos para comercializar el producto y así ampliar el mercado; todo esto a través de personal especializado.
- 4.- Producción de inóculo (semilla) de manera artesanal con la ayuda de una campana de flujo laminar rústica, a través de i curso de preparación.
- 5.- Conformación de los órganos administrativos de la organización, con cursos y talleres que fortalecerán a los productores.
- 6.- Seguimiento y evaluación periódica de la aplicación y desarrollo del paquete tecnológico y la integración de conocimientos de los miembros de la organización.
- 7.- Evaluación del adecuado funcionamiento administrativo, organizacional y operacional de la organización.
- 8.- Mantener en constante actualización a las integrantes de la organización sobre los nuevos métodos y técnicas de producción de hongos comestibles, generadas en la Unidad Regional Tetela-BUAP.
- 9.- Mantener informados a los responsables de la organización sobre instituciones que ofrecen apoyo a proyectos de esta índole y así darle un valor agregado al producto, para consolidar la cadena de producción de hongo seta.
- 10.- Medidas de Prevención diseñadas para puntos estratégicos y controlar posibles enfermedades en el cultivo de hongo seta en:

a.- Higiene de la planta. Cada una de las áreas de la planta deberá tener limpieza periódica de pisos, mesas de trabajo y utensilios, semanalmente deberá realizarse limpieza y desinfección de paredes, ventanas, techos, anaqueles y equipo de esterilización. Se deben limpiar periódicamente los drenajes, sistemas de riego y extractores de aire. Es conveniente colocar en las entradas de cada área tapetes con una solución- desinfectante como cloro o formol al 5%.

b.- Acceso a la planta, Deberá estar controlado para evitar en lo posible las visitas y en caso necesario, solo permitir el ingreso limitado y con ropa adecuada, no autorizar el intercambio de personal durante el proceso de las diferentes tareas del cultivo.

c.- Revisiones periódicas. Revisar periódicamente diferentes partes de la planta para detectar a tiempo posibles contaminaciones o plagas.

5.7. EVALUACIÓN

Evaluación general de transferencia de tecnología para el Municipio de Tetela de Ocampo para su posible aplicación en otros sectores rurales de Puebla que estén interesados en participar y aprovechar sus recursos disponibles, como se muestra en el siguiente esquema de validación de tecnología (**Figura 18**).

PROCESO DE TRASFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE HONGO SETA PARA EL SECTOR RURAL

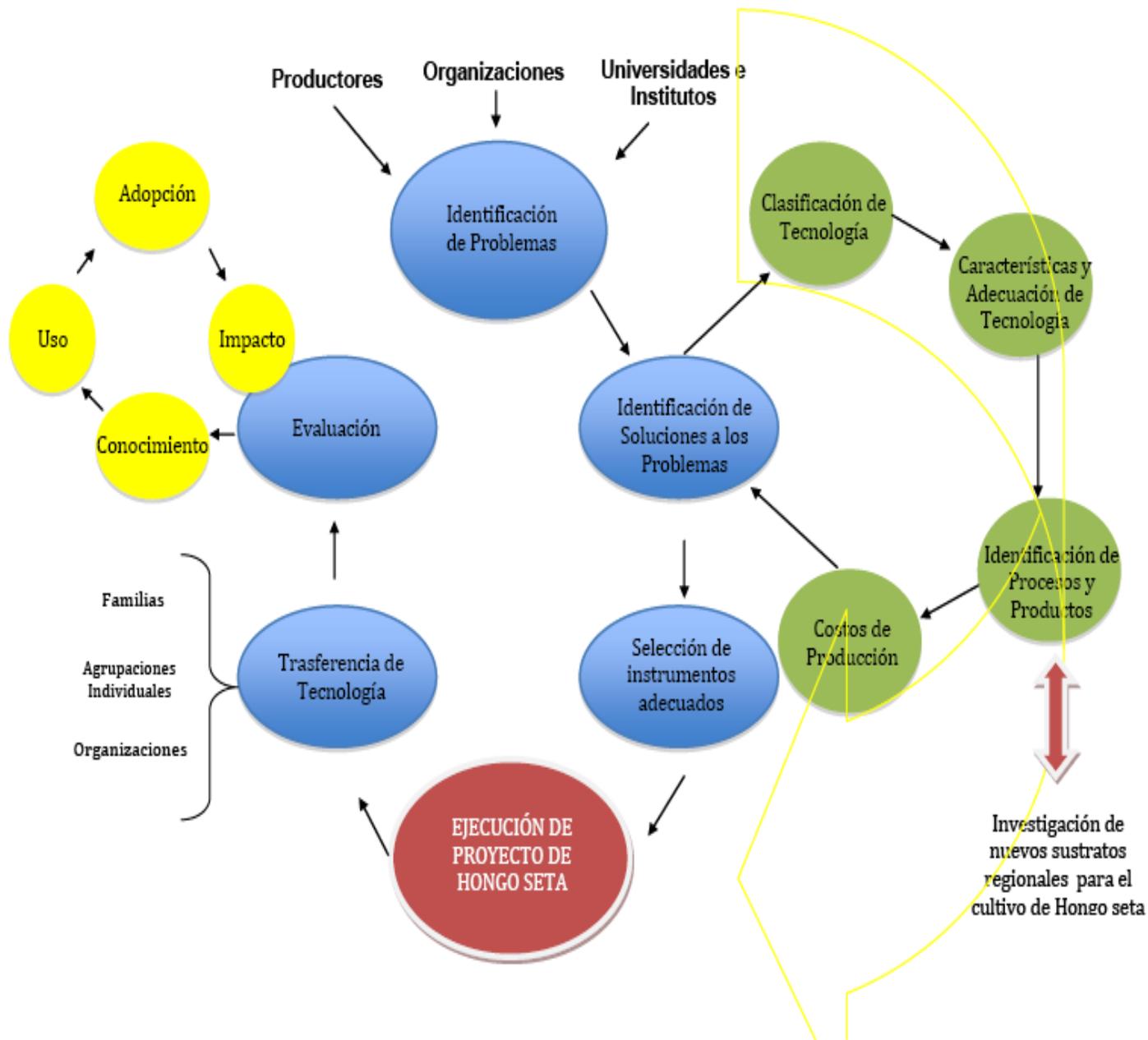


Fig-18 El sistema óptimo para la producción rural de hongo seta sustentable, que se propone en la presente investigación, es la utilización de subproductos agrícolas regionales.

5.8. LITERATURA CITADA

- Alexopoulos, C., C. Mims y M. Blackwell. 1996. *Introductory Mycology*. 4th ed. J. Wiley y Sons, Inc. New York. pp. 869.
- Almanza, S. 1994. Transferencia de biotecnología a países de desarrollo intermedio: algunas consideraciones generales. *BIOCIT SIGLO XXI* 8: 9.
- Atkins, F.C. 1964. El cultivo moderno de las setas. *Continental*. México. 228 pp.
- Bandala, M.V., L. Montoya and H. I. Chapela. 1997. Wild edible mushrooms in Mexico: a challenge and opportunity for sustainable development. In: *Mycology in sustainable development*. Expanding concepts, vanishing borders. M.E. Palm and I.H. Chapela (eds). Parkway publishers. USA. pp: 77-89.
- Gerald G. Marten. 1988. Productivity, Stability, Sustainability, Equitability and Autonomy as Properties for Agroecosystem Assessment. *Agricultural Systems* (26), 291-316
- Gaiska, A. B., 1997. Programas de transferencia de tecnología agropecuaria en México (Análisis de casos). In: Mata, G. B., G. Pérez, 1. Sepúlveda, y F. de León (Coord.). Transferencia de tecnología agropecuaria en México. Crítica y propuestas. IICA, UACH, UAM, México.
- Herrera, T. & M. Ulloa. 1990. El Reino de los Hongos. *Micología Básica y Aplicada*. UNAM y Fondo de Cultura Económica, México. D. F.
- Martínez-Carrera, D. y A. Larqué-Saavedra. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. *Ciencia y Desarrollo* 16 (95): 53-64.
- Martínez-Carrera, D., A. Larque-saavedra, M. Aliphat, A. Aguilar, M. Bonilla y. W. Martínez, 2000b. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaría de México. *Conacyt, Academia Mexicana de Ciencias*: 193-207.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, P. Morales, W. Martínez, A. Aguilar and A. Larque-Saavedra, 1995. Edible mushroom cultivation and sustainable agriculture in México. *The African Journal of Micology and Biotechnology* 3 (1): 13-18.

- Romero Arenas, O. 2008. Desarrollo tecnológico para controlar el moho verde (*Trichoderma* spp.) durante el cultivo comercial de los hongos comestibles (*Pleurotus* y *Lentinula*) en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus-Puebla.
- Romero Arenas, O., Huerta, L. M., Damián, H. Miguel Ángel, Macías, L. Antonio., Tapia, R. Ana María., Parraguirre, L. José F.C. y Juárez, H. Jaime. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense* 34(1): 53-63.
- Romero-Arenas, Omar; Huerta Lara, Manuel; Damián Huato, Miguel Ángel; Domínguez Hernández, Francisco; Arellano Victoria, Daniel Alfonso. 2009. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Vol. XI, Núm. 2, diciembre, 2009, pp. 143-151 Universidad Nacional de Colombia.

V. CONCLUSIONES GENERALES

- El cultivo sustentable de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*), a través del aprovechamiento de subproductos regionales como el maíz, frijol, cebada y hoja de plátano deshidratada, es una estrategia para las familias rurales del municipio de Tetela de Ocampo, considerando las condiciones agroambientales de la región.
- El bosque de pino-encino presentó gran diversidad de especies fúngicas y mayor producción entre los meses de julio a octubre.
- El hongo competidor *T. harzianum* (Rifai), es un hongo que se ha venido estudiando en asociación al cultivo de hongos comestibles, y que se puede prevenir con cursos y talleres de producción del cultivo.
- La producción de semilla de la CP-50 de *P. ostreatus* utilizando una campana de flujo laminar rústica, no afecta la calidad del inóculo y disminuye los costos en el cultivo de hongo seta, además de su implementación es accesible a cualquier productor.
- El material de desecho después del cultivo de hongos comestibles puede ser usado para alimento de animales, o para lombricomposta y, finalmente ser utilizados como fertilizantes orgánicos para el cultivo de granos básicos como el maíz y frijol, proporcionando beneficios adicionales para los sistemas familiares de producción.
- La adopción de tecnología del cultivo de hongo seta es un asunto y una decisión individual; por tanto, está afectada por factores de conocimiento, de disponibilidad de recursos económicos, físicos, de habilidades, destrezas y por la disposición del productor de cambiar parcial o totalmente su forma tradicional de practicar la agricultura.

VI. LITERATURA CITADA

- Agripino J. C., y Dulce-S., 2006. Cultivo de *Volvariella volvacea* en residuos de la cosecha de plátano y paja de cebada. *Revista Mexicana de Micología* 023: 87-92.
- Aguilar, A., D. Martínez-Carrera, A. Macías, M. Sánchez, L.I. de Bauer, A. Martínez, 2002. Fundamental trends in rural mushroom cultivation in Mexico and their significance for rural development. In: Sánchez, J.E., G. Huerta, E. Montiel (eds.), *Mushroom biology and mushroom products*, Proc. 4th Intern. Conf. Cuernavaca, México, pp. 421-431.
- Alexopoulos, C., C. Mims y M. Blackwell. 1996. *Introductory Mycology*. 4th ed. J. Wiley y Sons, Inc. New York. pp. 869.
- Almanza, S. 1994. Transferencia de biotecnología a países de desarrollo intermedio: algunas consideraciones generales. *BIOCIT SIGLO XXI* 8: 9.
- Arenas, M.D. 1992. Evaluación de diferentes sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. 64p.: il. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Agronomía.
- ASERCA, 2008. La producción de plátano en México, alcances y perspectivas. *Claridades Agropecuarias* 21: 3-18.
- Atkins, F.C. 1964. El cultivo moderno de las setas. *Continental*. México. 228 pp.
- Bandala, M.V., L. Montoya and H. I. Chapela. 1997. Wild edible mushrooms in Mexico: a challenge and opportunity for sustainable development. In: *Mycology in sustainable development*. Expanding concepts, vanishing borders. M.E. Palm and I.H. Chapela (eds). Parkway publishers. USA. pp: 77-89.
- Beare, M.; Wilson, P.; Fraser, P. & Butler, R., 2002. Management effects on barley straw decomposition, nitrogen release, and crop production. *Soil Science Society of American Journal*. 66: 848-856.
- Bisby, G. R. 1939. *Trichoderma viride* Pers. ex Fries, and notes on *Hypocrea*. *Transactions of the British Mycological Society* 23: 149-168.
- Bissett, J. 1991. A revision of the genus *Trichoderma* spp., Infrageneric classification. *Canadian Journal of Botany*, 69: 2357-2372.

- Bissett, J. 1992. *Trichoderma atroviride*. *Canadian Journal of Botany*, 70: 639-641.
- Bonilla-Quintero, M. 2006. Innovación tecnológica para controlar el “Moho verde” (*Trichoderma* spp.), durante el cultivo de hongos comestibles en la región central de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus-Puebla.
- Burgos, D. 1995. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus djamor* en bagazo de henequén fermentado en forma comparativa con *Pleurotus ostreatus*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Burt, E.A. 1966. The *Thelephoraceae* of North America I-XV. Hafner Publishing Co., Inc. New York. 185-354 pp.
- Buswell, A.J., Y.J. Cai, S.T. Chang, 1993. Fungal-and substrate-associated factors affecting the ability of individual mushroom species to utilize different lignocellulosic growth substrates. *In*: Chang, S.T., J. A. Buswell, S. W. Chiu (eds.), *Mushroom biology and mushroom products*. The Chinese University Press, Hong Kong. pp. 141-150.
- Caballero A. 2000. Fungy de la Rioja. claves prácticas para la determinación de las clases y familias de hongos *macromycetes* más comunes, representativas e interesantes de nuestra flora. España. 6 pp.
- Castle, A, D. Speranzini, N. Rghei, G. Alm, D. Rinker and J. Bissett. 1998. Morphological and Molecular Identification of *Trichoderma* Isolates on North American Mushroom Farms, *Applied Environ Microbiol* 64 (1): 133–137.
- Corner, E. J. H. 1970. Supplement to “A Monograph of Clavaria and Allied Genera”. Verlag Von. Cramer. 302 pp.
- Chacón, S y G. Guzmán. 1983. “*Ascomycetes* poco conocidos en México”. *Bol. Soc. Mex. Mic.*, 18:183-218.
- Chacón, S., Guzmán, G., Montoya, L. y Bandala, V.M. 1995. Guía ilustrada de los hongos del jardín Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y Áreas circunvecinas. 1ª Edición. Instituto de Ecología. A.C. Xalapa Veracruz.
- Chang, S. T. & P. G. Miles, 1989. *Edible mushrooms and their cultivation*. CRC Press Inc., Boca Raton, FL.
- Chang, S.T., P.G. Miles, 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*. CRC Press. Boca Raton.

- Chen, X., C. P. Romaine, M. D. Ospina-Giraldo y D. J. Royse. 1999. A polymerase chain reaction-based test for the identification of *Trichoderma harzianum* biotypes 2 and 4, responsible for the worldwide green mould epidemic in cultivated *Agaricus bisporus*. *Applied Microbiol Biotechnol.* 51: 572-578.
- Danciang, C. 1986. Culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Florida) on five farms wastes at different levels of ammonium sulfate [Philippines]. CLSU [Central Luzon State University]. *Scientific Journal.* (Philippines). Vol.6, No.1, pp.64.
- De León, R; G. Guzmán y D. Martínez-Carrera. 1988. Planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Guatemala. *Revista Mexicana de Micología.* 4:297-301.
- Dennis, R. W.G. 1978. British Ascomycetes. A. R. Ganther Verlag K. G. Vaduz. 585 pp.
- Díaz, B. J. 1987. ¿Qué es comunidad rural? Carrasquilla México.
- Domsch, K. H., W. Gams and T. Anderson. 1993. *Compendium of soil fungi.* IHV-Verlag, 859 pp.
- Doyle, O. 1991. *Trichoderma* green mould. *The Irish Mushroom Review* 3: 13-17.
- Enciclopedia de los Municipios de Puebla 2006.
- Ferreiro, H. M., 1990. Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal. Morelia, Michoacán.
- Ferrera-Cerrato, R. 1976. Micorriza. Examen predoctoral. Especialidad Microbiología. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México, D. F. 96 pp.
- Fletcher, J. T. 1987. Weed moulds. *The Mushroom Journal* 174: 198-200.
- Fletcher, J. T., P. F. White and R. H. Gaze. 1986. Champiñones: control de las enfermedades y plagas. Acribia S.A. Zaragoza, España. 159 pp.
- Fox, R. L. 1989. Banana. En *Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops.* D.L. Plucknett y H.B. Sprague (Ed.). Westview Press. Colorado, pp 337-354.

- Gaiska, A. B., 1997. Programas de transferencia de tecnología agropecuaria en México (Análisis de casos). In: Mata, G. B., G. Pérez, Sepúlveda, y F. de León (Coord.). Transferencia de tecnología agropecuaria en México. Crítica y propuestas. IICA, UACH, UAM, México.
- Gerald G. Marten. 1988. Productivity, Stability, Sustainability, Equitability and Autonomy as Properties for Agroecosystem Assessment. *Agricultural Systems* (26), 291-316.
- Gilbertson, R.L. y L. Ryvardeen. 1986. North American Polypores. Abortiporus-Lindteria. vol. 1. Fungiflora. Oslo, Norway. 443 pp.
- Gupta, M., C.R. Sarkar, S. Gupta, 1999. Changes in contents of carbon, nitrogen, C: N ratio and weight loss of different substrates during cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Mushroom Research* 8: 39-41.
- Guzmán, G. 1977. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Ed. Limusa. México, D.F.
- Guzmán, G. 1987. Identificación de los hongos comestibles venenosos alucinantes y destructores de la madera. Cuarta reimpresión. Edit. LIMUSA. México. 451 pp.
- Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of México. *Biod. and Conser.* 7: 369-384.
- Guzmán, G., 1997. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Instituto de Ecología. Xalapa, pp 111,117.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto-Velazco, L. Guzmán- Dávalos, 1993. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. IPN. México D.F., 245 pp.
- Hawksworth, D. L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycol. Res.* 95: 641-655.
- Hawksworth, D.L., P.M. Kirk, B.C. Sutton y D.N. Pegler. 1995. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the fungi. Eighth edition. CAB International. University Press, Cambridge. 616 pp.
- Heim, R., 1931. Le Genre Inocybe. Encyclopedie Mycologique I. P. Lechevalier & Fils, Paris 429 pp.
- Hermosa, M. R., E. A. Iturriaga; J. M., Díaz-Minguez, C. Castro, E. Monte and J. M. García Acha. 2000. Molecular characterization and identification of

biocontrol isolates of *Trichoderma* spp. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 1890-1898.

- Herrera T, y E. Pérez-Silva. 1984. Descripción de algunas especies del género *Amanita*. *Biol. Soc. Méx. Mic.*19:265-275.
- Herrera, T. & M. Ulloa. 1990. El Reino de los Hongos. *Micología Básica y Aplicada*. UNAM y Fondo de Cultura Económica, México. D. F.
- Herrera, T. 2003. “Desconocidas, el 95% de las especies de hongos en México”. *Boletín UNAM*. Julio. pp 13-16.
- Hidalgo A. 1989. Comparación de dos métodos para la selección de aislamientos de *Trichoderma* para el combate biológico de *Fusarium y Rhizoctonia* en clavel. Tesis para optar por el grado de Licenciado en Agronomía. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 89 pp.
- Hobbs, C. 1996. Medicinal Mushrooms. An exploration of Tradition, healing & Culture. Interwave Press, Inc. 232 pp.
- Hoog, G.S.; Guarro, J.; Gene, J. and Figueras, M.J. 2000, atlas de hongos clínicos, 2 a ed. Ed. CBS Utrece y the Netherland 2: 1-1126
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2005. Enciclopedia de los Municipio de México, Estado de Puebla. Obtenida 6 de Noviembre de 2008. Disponible en Línea www.e/local.gob.mx/word/templates/enciclo/puebla/index.html.
- Klein D, Eveleigh DE. 1998. Ecology of *Trichoderma*. In: Kubicek CP, Harman GE, eds. *Trichoderma and Gliocladium. Basic biology, taxonomy and genetics*. London, UK: pp 57–74.
- Largent, D., 1973. How to identify mushrooms to genus, I. Macroscopic Features. Mad River press, Eureka. 125 pp.
- Largent, D., D. Johnson y R. Watling. 1977. How to identify mushrooms to genus III: Microscopic features. Mad River Press. Eureka. 148 pp.
- Leal-Lara, H. 1985. La utilización microbiológica de desperdicios lignocelulósicos. Potencialidades y perspectivas. In: Fundación Barrios Sierra, CONACYT (ed.). *Prospectiva de la Biotecnología en México*. México. D.F. pp. 65.
- López Cobá, E., L. Ancona Méndez y S. Medina Peralta. 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología*. 21: 93-97.

- Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micol. Apl. Int.* 14:61-74.
- Martínez-Carrera, D. y A. Larqué-Saavedra. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. *Ciencia y Desarrollo* 16 (95): 53-64.
- Martínez-Carrera, D., 2000. Mushroom biotechnology in tropical America. *International Journal of Mushroom Science* 3: 9-20.
- Martínez-Carrera, D., A. Larque-saavedra, M. Aliphath, A. Aguilar, M. Bonilla y. W. Martínez, 2000b. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. *Conacyt, Academia Mexicana de Ciencias*: 193-207.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, P. Morales, M. Sobal, W. Martínez & A. Aguilar, 1993. Los hongos comestibles en México: biotecnología de su reproducción. *Ciencia y Desarrollo (CONACYT)* 108: 41-49.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué, M. Aliphath, A. Aguilar, M. Bonilla & W. Martínez, 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria. Academia Mexicana de Ciencias CONACYT, México, D.F. pp.193-207. ISBN968-7428-11-2.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, A. Aguilar, M. Navarro, M. Bonilla & A. Larqué-Saavedra, 1998b. Canning technology as an alternative for management and conservation of wild edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 35-51.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, P. Morales, W. Martínez, A. Aguilar and A. Larque-Saavedra, 1995. Edible mushroom cultivation and sustainable agriculture in México. *The African Journal of Micology and Biotechnology* 3 (1): 13-18.
- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal & A. Larqué-Saavedra, 1991b. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* 96: 33-43.
- Mata, G., D. Martínez, 1988. Estimación de la producción anual de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de los hongos comestibles en México. *Revista Mexicana de Micología* 4: 287-296.
- Mata, G., R. Gaitán-Hernández, 1995. Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar. *Revista Mexicana de Micología*. 11: 17-22.

- Melo de Carvalho C.Suely, Sales Campos Ceci and Nogueira de Andrade M. Cristina. 2010. Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a Review of cultivation techniques. *Interciencia*, Vol. 35 N° 3. pp., 177-182.
- Michelot, D. and Meléndez-Howell, L.M. 2003. “*Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethno mycology”. *Mycological Research*. 107. No. 2. February, pp. 131-146.
- Montañez, O.D., E.O. García, J.A. Martínez, J. Salinas, R. Rojo, J.G. Peralta, 2008. Use of *Pleurotus pulmonarius* to change the nutritional quality of wheat straw. I. Effect on chemical composition. *Interciencia* 33: 435-438.
- Mora, V. & D. Martínez-Carrera, 2007. Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. Capítulo 1.1, 17 pp. In: El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. 230 pp. ISBN 978-970-9712-40-7.b.
- Moreno Z., C. 1990. Los hongos comestibles: un componente de la productividad del bosque en Santa Catarina del Monte, México. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 141pp.
- Moreno, R., Marmolejo M., Valenzuela R. 2005. Flora micológica de bosques de pino y pino-encino en Durango, México. *Ciencia UANL*, vol. VIII, número 003. México. pp. 362-369.
- Muthumeenakshi, S., P. R. Millis, A. E. Brown and D. A. Seaby. 1994. Intraspecific molecular variation among *Trichoderma harzianum* isolates colonizing mushroom compost in the British Isles. *Microbiology* 140: 769-777.
- Ogden Adrian, Prowse Katherine. 2005. Manual del Cultivador de Hongos. Gourmet Woodland Mushrooms Ltd., Reino Unido. ISSN: 1739-1377. 292 p.
- Olavarria, G. 2000. Caracterización enzimática cualitativa de cepas fúngicas de un suelo trumao y determinación mediante parámetros químicos de su capacidad para biodegradar paja de trigo. Tesis de Licenciado en Ciencias Agrarias. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Oliver A. K., Alan J. C., and Danny Lee R. 2003. The North American mushroom competitor, *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum*, produces antifungal compounds in mushroom compost that inhibit mycelial growth of the commercial mushroom *Agaricus bisporus*. *Mycological Research* Volume 107, Issue 12, pp.1467-1475.

- Pacioni, G. 1980. Guía de hongos. 1ª. Edición. Grijalbo. Barcelona, España.
- Pandey, M. and R. P. Tewari. 1990. Antagonism of *Pleurotus sajor-caju* by some weed fungi. *Mushroom Journal for the Tropics* 10 (2): 52-58.
- Pérez-Merlo, R., G. Mata, 2005. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. *Revista Mexicana de Micología* 20: 53-59.
- Pérez-Silva, E., 1967. "Les Inocybes du Mexique". Anales. Inst. Biol. UNAM, Serie Botánica, 38:1-60.
- Pimentel, D., J. Houser, E. Preiss, O. White, H. Fang, L. Mesnick, T. Barsky, S. Tariche, J. Schreck & S. Alpert, 1997. Water resources: agriculture, the environment, and society. *Bioscience* 47: 97-106.
- Przybylowicz, P. and S. Donoghue. 1988. Shiitake growers handbook. *The art and science of mushroom cultivation*. Kendall, Dubuque.
- Quimio, T. 2002. La Biología y el Cultivo de *Pleurotus* spp.: Preparación de la semilla. Sánchez, J. comp. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chiapas, México, D. F., MX, Editorial Limusa S.A. pp., 125-137.
- Rajarathnam, S., Z. Bano, 1989. *Pleurotus* Mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28: 31-113.
- Reyes, G. R., A.E. Abella, F. Eguchi, T. Iijima, M. Higaki, T.H. Quimio, 2004. Growing paddy straw mushroom. *In: Mushroom grower's handbook 1; Oyster mushroom cultivation. Mushroom World*. Seul, pp. 262-269.
- Rifai, M. A., 1968. The Australasian Pezizales in the Herbarium of the Royal Botanic Gardens Kew. *Verhandelingen Der Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, Ad. Natuurkunde Tweede Reeks-Oeel L VII- No.3*. 295 pp.
- Rifai. M. A 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycological Papers*, 116: 1156.
- Romero Arenas, O. 2008. Desarrollo tecnológico para controlar el moho verde (*Trichoderma* spp.) durante el cultivo comercial de los hongos comestibles (*Pleurotus* y *Lentinula*) en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus-Puebla.

- Romero Arenas, O., Huerta, L. M., Damián, H. Miguel Angel, Macías, L. Antonio., Tapia, R. Ana María., Parraguire, L. José F.C. y Juárez, H. Jaime. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense* 34(1): 53-63.
- Romero-Arenas, Omar; Huerta Lara, Manuel; Damián Huato, Miguel Angel; Domínguez Hernández, Francisco; Arellano Victoria, Daniel Alfonso. 2009. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Vol. XI, Núm. 2, diciembre, 2009, pp. 143-151 Universidad Nacional de Colombia.
- Rossman, A. 1996. Morphological and molecular perspectives on systematics of the Hypocreales. *Mycologia* 88(1): 1-19.
- Ryvarden, L., 1991. Genera of Polypores. Nomenclature and Taxonomy. *Synopsis fungorum* 5. Fungiflora, Oslo. 349 pp.
- Salmones, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez, G. Guzmán, 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología* 14: 173-176.
- Samuels, 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. *Mycological Research*. 100: 923-935.
- Sánchez, A., F. Ysunza, M. Beltrán-García, M. Esqueda, 2002. Biodegradation of viticulture wastes by *Pleurotus*: A source of microbial and human food and its potential use in animal feeding. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 2537-2542.
- Sánchez, J.E., G. Huerta, L. Calvo-Bado, 1997. The cultivation of edible fungi as a sustainable alternative in tropical regions. *In*: Palm, E.M., H.I. Chapela (eds.), *Cultivation of edible fungi*. Parkway Pub. Boone, pp. 227-237.
- Seaby, D. A 1987. Infection of mushroom compost by *Trichoderma* species. *The Mushroom Journal* 179: 355-361.
- Seaby, D. A 1996. Investigation of the epidemiology of green mould of mushroom (*Agaricus bisporus*) compost caused by *Trichoderma harzianum*. *Plant Pathology* 45: 913-923.
- Seymour, J. 1985. *La naturaleza. Los hongos*. 1a. Edición. Ed. Castell. España.
- Sharma, H. S., M. Kilpatrick, F. Ward, G. Lyons and L. Burns. 1999. Colonization on phase II compost by biotypes of *Trichoderma harzianum* and

their effect on mushroom yield and quality. *Applied Microbiology and Biotechnology* 51: 572-578.

- Sobal, M., P. Morales y D. Martínez-Carrera. 1993. Utilización de los rastrojos de haba y frijol como substratos para el cultivo de *Pleurotus*. *Micología neotropical aplicada* 6: 137-141.
- Sobal, M., P. Morales, M. Bonilla, G. Huerta & D. Martínez-Carrera. 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1, 14 pp. In: El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7.
- Soto-Velazco, C., L. Guzmán-Dávalos, O. Rodríguez, 1989. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo. *Revista Mexicana de Micología* 5: 97-101.
- Stamets, P. and J. S. Chilton. 1983. The mushroom Cultivador. A practical guide to growing mushroom at home. Agarikon Press, Olympia, Washington. pp. 415
- Stamets, P., 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press. Hong Kong, pp. 343-350.
- Stanley, Herbert O. 2010. Effect of substrates of spawn production on mycelial growth of Oyster mushroom species. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 1(5) Pp. 817-820.
- Steffen, K.T., Hatakka, A. and Hofrichter, M. 2002. "Degradation of humic acid by the litter-decomposing basidiomycete *Collybia dryophila*". *Applied and Environmental Microbiology*. 68. No. 7. July. pp 3442-3448.
- T. Varnero María, S. Quiroz Madelaine y H. Álvarez Cristian. 2010. Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*), Información Tecnológica Vol. - 21 N° 2 Pp. 13-20.
- Tschierpe, H.J., K. Hartman, 1977. A comparison of different growing methods. *Mushrooms Journal* 60: 404-416. Terán, S., C. Rasmussen, 1994. La milpa de los mayas. La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noreste de Yucatán. DANIDA, México.
- Ulloa, M. 1991. Diccionario Ilustrado de Micología. 1ª Edición. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F.

- UNEP – WCMC, 2003. Proyecto de Comercialización de Productos Forestales No Maderables; Factores de Éxito y Fracaso. METHODUS CONSULTORA, SC. Mexico, 14pp.
- Valencia del Toro, G., M. Garín., J. Jiménez, H. Leal-Lara, 2003. Producción de cepas coloridas de *Pleurotus* spp., en sustrato estéril y pasteurizado. *Revista Mexicana de Micología* 17: 1-5.
- Vijay, B. and H. S. Sohi. 1989. Fungal competitors of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing. *Mushroom Journal for the Tropics* 9: 29-36.
- Villarreal, L. 1995. El hongo de pino: un recurso genético para el desarrollo sustentable de México, in: XI exposición de hongos. Tlaxcala. Departamento de agrobiología. Laboratorio de micología CICB-UAT. pp: 46-48.
- Wasser, S. P. & A. L. Weis, 1999. Medicinal properties of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: current perspectives (review). *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1: 31-62.
- Wiesche in der, C., M. Wolter, F. Zadrazil, 2000. Activities of ligninolytic enzymes as a means for monitoring the colonization of straw substrate pretreated at different temperatures by *Pleurotus ostreatus*.
- Yumi, S.y Duchi, N. 2007, Digestibilidad in vivo de rastrojo de maíz (*Zea mayz*) tratado con urea y melaza en ovinos. *Ecociencia* (Ecuador) 1,1(1):49-54.