

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación –DIGI-
Programa Universitario de Investigación en Desarrollo
Industrial –PUIDI-**

**Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas –IIQB-**

**Transferencia de tecnología para el cultivo artesanal del
"hongo de pino" (*Neolentinus ponderosus*) en comunidades
campesinas del altiplano de Guatemala**

**COORDINADORA
Licda. María del Carmen Bran González**

**INVESTIGADORES
Lic. Osberth Isaac Morales Esquivel
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú**

**AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN
Br. Roberto Agustín Cáceres Staackmann
Br. Carmen Natalia Gurriarán Quiroz**

**Inicio de la Investigación: Enero de 2010
Conclusión de la investigación: Diciembre de 2010**

Guatemala, 10 de enero de 2011



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN –DIGI-
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO
INDUSTRIAL –PUIDI-**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y
BIOLÓGICAS –IIQB-**

**Transferencia de tecnología para el cultivo artesanal del "hongo de pino"
(*Neolentinus ponderosus*) en comunidades campesinas del altiplano de
Guatemala**

COORDINADORA

Licda. María del Carmen Bran González

INVESTIGADORES

**Lic. Osberth Isaac Morales Esquivel
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú**

AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN

**Br. Roberto Agustín Cáceres Staackmann
Br. Carmen Natalia Gurriarán Quiroz**

**Inicio de la Investigación: Enero de 2010
Conclusión de la investigación: Diciembre de 2010**

Guatemala, 10 de enero de 2011

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	2
III. ANTECEDENTES	4
A. Cultivo de los hongos comestibles	4
1. Cultivo de los hongos comestibles en Guatemala	5
a. Cultivo artesanal en comunidades campesinas	5
b. Cultivo a nivel industrial	6
c. Cultivo a nivel de investigación	6
B. <i>Neolentinus ponderosus</i> Redhead & Ginns	11
1. Características morfológicas	11
2. Hábitat y distribución	11
3. Etnomicología	12
4. Estudios sobre el cultivo de <i>Neolentinus</i>	12
IV. JUSTIFICACIÓN	13
V. OBJETIVOS	14
VI. METODOLOGÍA	15
VII. RESULTADOS	20
VIII. DISCUSIÓN	24
IX. CONCLUSIONES	29
X. RECOMENDACIONES	30
XII. BIBLIOGRAFÍA	31
XIII. ANEXOS	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1.	Inóculo producido con la cepa <i>N. ponderosus</i> 2.2002	20
Tabla 2.	Siembra de sustratos de producción de cuerpos fructíferos (SPF)	22

I. RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue transferir la tecnología desarrollada en el laboratorio para el cultivo artesanal del hongo comestible *Neolentinus ponderosus*, a través de capacitaciones teórico-prácticas y asesoría a personas de comunidades campesinas del altiplano de Guatemala. Se utilizaron desechos agrícolas y forestales, con la finalidad de extender el cultivo de hongos comestibles como alternativa alimenticia, comercial y de conservación de medio ambiente.

Para garantizar la continuidad de la capacitación y el cultivo, se produjeron a nivel de laboratorio 376 libras de inóculo, utilizando granos de trigo como sustrato. A través de las capacitaciones teórico-prácticas (aprender-haciendo) realizadas en las Asociaciones comunitarias “EL Esfuerzo”, Tecpán Guatemala y Pueblo Unido COINPU R. L. Zaragoza, ambas de Chimaltenango se entrenó y supervisó a los educandos, en la importancia de los hongos comestibles, la utilización de inóculo, la preparación de sustratos, desinfección, siembra, incubación, fructificación y escalonamiento de la producción, así como su consumo y comercialización.

Para medir la efectividad de las actividades de capacitación y siembras sucesivas de sustratos de producción de cuerpos fructíferos (SPF), el desempeño de cada participante se evaluó a través de la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura, llevándose un registro de los puntos críticos. El análisis de las evaluaciones, mostró una calificación muy buena en la aplicación de técnicas de limpieza y procedimiento estándares de producción de *N. ponderosus*, no así de las instalaciones físicas para su incubación y desarrollo del hongo. Estos conocimientos y actividades fueron aplicadas también al cultivo de *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra), al cual se dedican actualmente dichas comunidades capacitadas, mostrando mejores rendimientos en su producción.

También se pretendía medir la efectividad de las capacitaciones a través de la evaluación de la eficiencia biológica de los cultivos, sin embargo debido a inconvenientes climáticos (tormentas Ágata y Alex) que dañaron los módulos de incubación y favorecieron la contaminación de los SPF inoculados, aunado a los daños generados por el cierre del *campus* central de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), no ha sido posible a la fecha evaluar dicho parámetro. Los SPF que no fueron afectadas se encuentran bajo condiciones de incubación en cada comunidad.

Se recomienda continuar con proyectos encaminados a la transferencia de tecnología en beneficio de las comunidades campesinas, diversificando así la producción de hongos.

Palabras clave: Transferencia de tecnología, *Neolentinus ponderosus*, cuerpos fructíferos, eficiencia biológica.

II. INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos naturales de buen sabor, con alto valor nutritivo y con propiedades benéficas extra para la salud, es la gran tendencia mundial para la alimentación humana del siglo XXI. Tan solo en los estados Unidos, la demanda de productos orgánicos, suplementos alimenticios y medicinales, se ha incrementado de 3.3 a 14 billones de dólares durante el período 1999-2000. Este cambio de mentalidad nace de la confirmación de un principio fundamental y universal: la dieta humana debe ser completa, suficiente, equilibrada y que garantice una completa satisfacción biológica, psicológica y social. Dentro de estos alimentos naturales se encuentran hoy en día los hongos comestibles, los cuales tienen un gran potencial como alimento de alto contenido proteico y vitamínico así como propiedades medicinales que promueven la salud (Martínez-Carrera *et al.*, 2004).

Por otra parte, es de conocimiento general que enormes cantidades de residuos linocelulósicos y otros desechos orgánicos se generan anualmente en el mundo como producto de las actividades agrícolas, forestales y de la industria de alimentos. Más de 300 toneladas métricas (TM) de rastrojos estaban disponibles en el mundo en 1999 y alrededor de la mitad de estos fueron desechados y desaprovechados. Si se considera que en el cultivo de hongos comestibles se pueden obtener eficiencias biológicas de 60-75% de una cosecha, y si se lograra cultivar hongos comestibles sobre residuos desperdiciados, se podrían obtener cerca de 803 TM de hongos comestibles frescos (Chang & Miles, 2004).

Actualmente el cultivo de hongos se visualiza como una alternativa para la solución, al menos parcial, de problemas como la insuficiencia alimenticia y la contaminación por desechos orgánicos de origen industrial y se ha propuesto como una nueva alternativa de producción de alimentos de alta calidad para consumo humano, a través del reciclaje de desechos agrícolas y forestales que permite obtener de manera simultánea subproductos que se pueden destinar a la alimentación de animales o como biofertilizante.

Con el fin de posibilitar el acceso de las comunidades campesinas a los conocimientos científicos y técnicos generados de proyectos de investigación, es necesario desarrollar actividades o programas que permitan que estas comunidades tengan al alcance una tecnología apropiada, que en condiciones artesanales les permita producir cuerpos fructíferos de hongos comestibles para beneficio y desarrollo de las mismas como una alternativa sostenible.

Guatemala posee una gran diversidad de hongos comestibles que se conocen desde tiempos inmemoriales. Uno de ellos es *Neolentinus ponderosus*, especie que se utiliza como alimento por personas de la etnia Chuj, que habitan en los municipios de San Mateo Ixtatán y Nentón del departamento de Huehuetenango, donde se le conoce con los nombres de "hongo de pino" o "Kulich" (Bran, Morales, Cáceres y Flores, 2003a; Bran *et al.*, 2003b).

N. ponderosus es una especie saprobia y degradadora de madera, que crece sobre restos de coníferas, características que hacen factible su cultivo sobre residuos de actividades madereras y agrícolas del país, particularmente en lugares de clima frío. Mediante su cultivo, se estaría dando no solo uso a la diversidad fúngica nativa sino que se contribuiría a la utilización de residuos desechados para la producción de hongos comestibles. De esta manera se favorece la producción de alternativas alimenticias, medicinales y económicas que contribuyan al desarrollo de las comunidades campesinas así como a la conservación del medio ambiente.

Gracias al financiamiento que la Universidad de San Carlos de Guatemala concede a la investigación, se ha logrado conocer el uso tradicional y redescubrir el gran aprecio que se tiene por los hongos y en particular sobre el “hongo de pino”. También se han aislado a nivel de laboratorio varias cepas nativas y se ha desarrollado tecnología apropiada para su cultivo a nivel artesanal (Bran, *et al.* 2005; Bran, Morales, Cáceres, Flores y Blanco, 2007). Sin embargo esta tecnología aún no había sido transferida a las comunidades campesinas, quienes originalmente proporcionaron la información referente a su utilización como alimento, por lo tanto la finalidad principal de este proyecto consistió en transferir la tecnología para el cultivo artesanal del “hongo de pino” (*N. ponderosus*) a comunidades campesinas del altiplano de Guatemala, a través de actividades de capacitación teórico-prácticas. Para el efecto se elaboraron a nivel de laboratorio, 376 libras de inóculo en granos de trigo, utilizándose 178. Con las comunidades campesinas se sembraron 393 unidades de producción de cuerpos fructíferos, utilizando como sustrato aserrín y viruta de pino suplementado con salvado de arroz, de las cuales únicamente 43 están en proceso de incubación para su crecimiento.

III. ANTECEDENTES

A. Cultivo de hongos comestibles

La fructificación de hongos comestibles es una actividad desarrollada desde hace varios cientos de años. En Asia, existen registros del cultivo de especies de hongos comestibles como *Lentinula edodes* y *Auricularia* spp, mientras que en Europa se desarrolló el cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*). La tecnología del cultivo de hongos saprobios llegó a nuestro continente hasta finales del siglo XIX y primera mitad del siglo XX, pero fue hasta la segunda mitad del siglo XX (gracias al mejoramiento de las técnicas existentes), que la industria de hongos comestibles se hizo presente de manera importante en varios países de América (Sánchez & Royse, 2002).

Los hongos se pueden cultivar por varios métodos, algunos conformados por técnicas simples que requieren de poca o casi nada de experiencia por parte del cultivador, mientras que otros demandan técnicas sofisticadas, ya que incluyen procedimientos como el cultivo de tejido estéril bajo un ambiente y condiciones controladas (Quimio & Chang, 1990).

La fructificación de hongos comestibles por metodologías simples toma poco tiempo, pero requiere paciencia por parte del cultivador, ya que el rendimiento y eficiencia biológica a obtenerse es muy variada y no siempre se logra un buen resultado. Por este motivo, la implementación y utilización de métodos más técnicos y elaborados, aumentan la probabilidad de éxito y mejora significativamente los rendimientos de producción de cuerpos fructíferos (Quimio & Chang, 1990).

El cultivo de hongos comestibles comprende diferentes fases, entre las cuales podemos mencionar: a) Selección del hongo, b) Determinación de los requerimientos para el cultivo, c) Producción de inóculo, d) Preparación del sustrato, e) Desarrollo del micelio y f) Desarrollo de los cuerpos fructíferos (Chang & Miles, 2004).

El uso de técnicas mecanizadas para el cultivo de hongos como alimento en grandes cantidades, es un fenómeno del siglo XX. Actualmente, en el mundo se han estudiado para fines de cultivo, cerca de 200 especies, de las cuales aproximadamente 60 se cultivan comercialmente y cerca de 10 se cultivan a escala industrial. Las 10 especies cultivadas más populares a nivel mundial son *Agaricus bisporus/bitorquis*, *Lentinula edodes*, especies de *Pleurotus* y de *Auricularia*; *Volvariella volvacea*, *Flammulina velutipes*, *Tremella fuciformis*, *Hypsizygus marmoreus*, *Pholiota nameko* y *Grifola frondosa*. En años recientes, se han cultivado también nuevas especies de hongos comestibles, entre ellos, *Hericium erinaceus*, *Dictyophora indusiata*, *Stropharia rugoso-anulata*, *Lepista nuda*, *A. cylindracea*, *Pleurotus citrinopileatus* y *Cantharellus cibarius* (Chang & Miles, 2004).

1. Cultivo de hongos comestibles en Guatemala

a. Cultivo artesanal en comunidades campesinas

El cultivo de *Pleurotus* a nivel comunitario dio origen en el año 1990, cuando por medio de un proyecto financiado por Christian Children Foundation, capacitó a personas de Santa María de Jesús, Sacatepéquez. Posteriormente, en el año 1991 se capacitó a un grupo de campesinos de Totonicapán, a través de un proyecto financiado por Helvetas. En 1995, el padre César Mass enseñó a cultivar *Pleurotus* spp a un grupo de campesinos de San José Ojetenam, San Marcos y, en 2002, se fundaron pequeños proyectos en Huehuetenango (San Sebastián Coatán, San Rafael La Independencia y Cooperativa Joya Hermosa, ubicada en Aguacatán), así como en San Marcos La Laguna, Sololá. En la actualidad, se calcula que existen 300 familias o personas involucradas en este cultivo, quienes venden el producto de la cosecha en mercados de la localidad o entre sus vecinos (De León, 2007).

En 2004, en el municipio de San Rafael La Independencia, Huehuetenango se evaluó la paja de trigo (*Triticum sativum*), broza de encino (*Quercus* sp) y rastrojo de maíz (*Zea mays*), para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales. Como resultado se reportó que el tratamiento constituido por la mezcla de paja de trigo y broza de encino en proporción 1:1 como sustrato, fue el que dio el mayor rendimiento en peso fresco, ya que se obtuvieron eficiencias biológicas de 91.07%. Los resultados para otros sustratos fueron 79.16% para broza de encino mas rastrojo de maíz (relación 1:1); 63.32% para paja de trigo, 56.55% para paja de trigo mas rastrojo de maíz (relación 1:1); 43.82% para rastrojo de maíz y 30.06% para broza de encino (Rojas, 2004).

En 2005, por medio del financiamiento otorgado por la Dirección General de Investigación –DIGI-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se entrenaron 245 personas en 16 actividades de capacitación, se establecieron 205 módulos artesanales en el occidente del país y se efectuaron 52 visitas de supervisión para brindar asistencia técnica especializada de manera regular a los cultivadores. Se cultivaron varias especies de *Pleurotus* (*P. djamor*, *P. ostreatus*. y *P. levis* a nivel artesanal). Como consecuencia de ello, bajo condiciones de laboratorio, se elaboraron 6,005 libras de inóculo para la capacitación y continuidad del cultivo artesanal de hongos comestibles. El sustrato más utilizado para el cultivo de hongos comestibles en las comunidades fue el olote de maíz, aunque se utilizaron otros como el rastrojo de maíz y paja de trigo. Se produjeron aproximadamente en los cultivos artesanales 1,454.54 Kg de *Pleurotus* en alrededor de 10 meses, en uno o dos ciclos, así como 35 libras de *S. commune*, y 7 libras de *Neolentinus*. En la comercialización local, los precios de *Pleurotus* spp tuvieron un rango entre Q10.00 y Q20.00 la libra, y, en supermercados o restaurantes los precios oscilaron entre Q19.00 y Q25.00 la libra, con un ingreso neto por venta de los hongos en el período de Q39,223.00, lo que representó un ingreso per cápita entre los Q20.00 y Q506.82 (Bran *et al*, 2005).

En 2008, se reportaron los resultados obtenidos en cuanto a la evaluación de la eficiencia biológica de dos variedades del hongo comestible *Pleurotus djamor* var. *djamor* y var. *roseus*), cultivados utilizando como sustratos los subproductos agrícolas generados en la aldea Regadillos, Chiantla, Huehuetenango. La mayor eficiencia biológica a partir del peso fresco (46.23%), lo obtuvo la cepa *Pleurotus djamor* var. *djamor*, utilizando como sustrato la paja de avena. Se indicó además que la actividad productiva de cultivar el hongo comestible *Pleurotus djamor* var. *djamor* en condiciones artesanales y utilizando como sustrato paja de avena tiene una rentabilidad positiva (Mérida, 2008).

b. Cultivo a nivel industrial

La investigación del cultivo de hongos comestibles en Guatemala, comenzó en 1955 con la implementación del champiñón *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach con cepas de origen norteamericano. La primera planta productora de *L. edodes* se estableció en 1984 utilizando troncos de *Quercus* como sustrato. El 70% de la producción era consumido en Guatemala y el otro 30% se exportaba a México y Panamá. La producción anual en esos años alcanzó cerca de 37,000 kg, no obstante, en 1993 la producción de *L. edodes* terminó (De León, 2003).

La producción comercial de *Pleurotus* inició en 1986. La compañía utilizaba paja de trigo y pulpa de café como sustrato. En 1999, una segunda compañía se estableció produciendo *P. eryngii* (DC.:FR.) Qué. sobre aserrín de árbol de caucho y mazorca de maíz. Este era vendido normalmente en los mercados domésticos. La producción anual de *Pleurotus* hacia el año 2003, era aproximadamente de 29,586 kg y la mayoría es consumida en Guatemala (90%) y el resto (10%) es exportado a El Salvador y Honduras (De León, 2003).

Hacia el año 2003, se informó de la existencia de una compañía que producía cerca de 34,020 kg por año de shiitake, empleando aserrín de *Hevea brasiliensis* como sustrato. La mayoría de estos hongos se exportaron (80%), mientras que una pequeña proporción (20%) se comercializó en Guatemala. Por otra parte, se indicó que existían pequeñas granjas donde se cultiva shiitake sobre troncos de encino como sustrato, alrededor de la ciudad de Guatemala. Esta producción es consumida en los mercados locales (De León, 2003).

La producción total de hongos comestibles en Guatemala se estima en 132,104 kg por año, incluyendo *A. bisporus* y *A. bitorquis* (51.9%), *L. edodes* (25.7%), y *Pleurotus* spp. (22.4%) (De León, 2003).

c. Cultivo a nivel de investigación

En 1982, se evaluaron cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing. var. *avellaneus*). Con base a los resultados obtenidos, el sustrato conformado por suelo con textura franca arenosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica del 50% de humus

descompuesto (forma Mull) y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder), dio los rendimientos más elevados, los que incluso superaron a los obtenidos por el sustrato tradicional (Ovalle, 1982).

En el año 1983, se inició el cultivo de *Pleurotus* a nivel de laboratorio en el Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), empleando una cepa inglesa de *P. flabellatus* (Berk & Br.) Sacc., que cultivaron sobre diversos sustratos (De León, 1983).

En 1985, se estudió una cepa de *Volvariella bakeri* (Murr.) Shaffer, en cuanto al desarrollo de la misma sobre medios de cultivo sólidos. Al respecto se concluyó que el medio óptimo para el cultivo del micelio es el medio completo para *Volvariella*, aunque, para fines prácticos se recomendó también utilizar agar malta, a una temperatura de 32-35°C, ya que bajo estas condiciones el micelio llena la caja de Petri de 85 mm de diámetro en 3 días (De León, 1985).

En 1986, se investigó la utilización de la paja de trigo en la producción de hongos comestibles y alimento para ovinos (paja residual o gastada), utilizando una cepa de *Pleurotus sajor-caju*. Se obtuvo un rendimiento del 28% de hongos frescos/peso seco en paja de trigo, en un período de producción de 30 días. Al evaluar la respuesta animal al consumo de la paja de trigo colonizada por *Pleurotus*, se determinó que en un período de 70 días, el grupo de ovinos alimentados con paja residual mostró una ganancia de 0.26 ± 0.9 kg, mientras que para el grupo alimentado con paja natural se observó una pérdida de peso de 0.65 ± 1.07 kg (Franco, 1986).

En 1989, se estudió el valor nutritivo de tres especies de hongos del género *Pleurotus* cultivadas sobre pulpa de café. Los resultados del análisis proximal mostraron que los hongos, en promedio, tienen bajo contenido de grasa y relativamente altas cantidades de proteínas, fibra cruda y cenizas. El análisis de aminoácidos reportó que las tres especies tenían en común todos los aminoácidos esenciales y los siguientes no esenciales: histidina, arginina, ácido aspártico, ácido glutámico, serina, prolina, glicina, alanina y tirosina. Se observó también que tienen altas cantidades de lisina y que por eso, podrían ser usados como posibles componentes de mezclas de harina de valor nutritivo mejorado (Castillo, 1989).

En 1990, se determinó el valor nutritivo de los anacates (*Cantharellus cibarius* Fr.). Se encontró un efecto positivo del cocimiento de los anacates sobre la digestibilidad de su proteína. Con relación al análisis de aminoácidos se encontraron todos los esenciales, aunque en bajas cantidades, siendo el más escaso el triptófano; la lisina fue la que se encontró en mayor cantidad. Por otro lado, la fibra encontrada en los anacates se encuentra en mayores cantidades que en otros alimentos consumidos por la población guatemalteca (Pérez, 1990).

En 1994, se evaluó el rendimiento de tres cepas de *Lentinula edodes* (cepas CS-41, CS-53 y Japonesa) sobre 4 diferentes sustratos (aserrín de encino, pino, ilamo y ciprés). Se concluyó que los mejores tratamientos en cuanto

a mayor rendimiento y mejor tiempo de producción fueron: Substrato basado en madera de encino (*Quercus pilicaulis* Trelease) inoculado con la cepa CS-41 y substrato basado en la madera de ilamo (*Alnus Arguta* (Schlecht) Spach), inoculado con la cepa CS-41. Asimismo, reportó que la cepa CS-53 y la cepa Japonesa fueron las que produjeron basidiomas más grandes lo cual puede considerarse, provisionalmente, como propio de la cepa (Mairen, 1994).

En 1996, se estudió la ventaja de utilizar bolsas de polipapel y celofán, en lugar de botellas de vidrio (control), para producir el inóculo (primario y secundario), de una cepa mexicana de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.). Los resultados obtenidos revelaron que tanto las bolsas de celofán como los frascos de vidrio, son poco resistentes al calor, por lo que pueden no ser adecuados para empacar los inóculos. Sin embargo, las bolsas de polipapel son un sistema alternativo para empacar los inóculos, ya que éstas no presentaron ningún daño (Arriola, 1996).

En 1997, se cultivó una cepa mexicana de *Pleurotus ostreatus* utilizando como substrato aserrín de caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz. Se determinó que la eficiencia biológica fue mayor en el olote de maíz y el aserrín de caoba y cedro. La fibra de coco fue la que presentó menor porcentaje de eficiencia biológica (Godoy, 1997).

En 1999, se recolectó y aisló cepas silvestres de *Auricularia*, en tres fincas cafetaleras del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta San Marcos. Los especímenes recolectados se encontraron creciendo sobre troncos de cushín (*Inga paterna*) (cepas A-1 y A-3) y sobre troncos de arbustos de café (A-2). El mejor substrato orgánico para el crecimiento de las cepas aisladas fue la mezcla de aserrín con salvado de arroz con el que se obtuvo un crecimiento de 4.8cm³/día a 24°C y 6.2cm³/día a 30°C. Para este sustrato se reportó una eficiencia biológica del 75%. De las tres cepas estudiadas la que presentó mayor tolerancia a cambios nutricionales y de temperatura fue la cepa A-1, misma que presentó las mejores velocidades de crecimiento tanto en medio de cultivo como en los sustratos orgánicos utilizados, además fue la única cepa que fructificó (García, 1999).

En el año 2000 se realizaron cuatro investigaciones. La primera estudió el cultivo de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustratos rastrojo, zacate y tusa, a una temperatura de 26°C. La fructificación duró de 25 a 28 días para la primera cosecha y entre 15 y 24 días para la segunda y tercera cosechas respectivamente. La eficiencia biológica de cada uno de los sustratos fue: para el zacate 42.20%, para el rastrojo 34.70% y para la tusa 23.90% (Orozco, 2000).

La segunda utilizó rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y cascarilla de arroz (*Oriza sativa* L.) como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, utilizándolos individualmente y con mezclas en tres diferentes proporciones (1:1, 2:1 y 1:2), además de pulpa de café como testigo. En relación a los resultados obtenidos se concluyó que la mezcla de rastrojos de maíz y

cascarilla de arroz en relación 2:1 proporciona los mejores resultados de porcentaje de eficiencia biológica y porcentaje de producción (García, 2000).

La tercera determinó el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (ECS-0112) sobre subproductos lignocelulosicos derivados de la agroindustria de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Los mejores rendimientos en peso y porcentaje de eficiencia biológica fueron obtenidos con la fibra sin mezclar, obteniendo en promedio un 135.62%. Las eficiencias más bajas se obtuvieron con el caquis y las mezclas de cuesco y fibra y raquis con cuesco (Girón, 2000).

La cuarta comparó la eficiencia de producción de inóculo primaria del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cepa ECS 0110, en cinco granos (sorgo, trigo, arroz, maíz y cebada). Los resultados obtenidos establecieron que el grano de cebada presentó mejores rangos de crecimiento y en menor tiempo que los demás. A pesar que el grano de cebada tiene mayor precio, por la disminución del tiempo de crecimiento, es posible incrementar el número de ciclos de producción del hongo, que a la vez aumenta la rentabilidad del proceso en 34 por ciento (Aldana, 2000).

En 2001, se determinó la eficiencia del rastrojo de tomate (*Lycopersicon sculentum* Miller) y la corona del fruto de piña (*Ananas comosus* (L.) Merrill) en el cultivo de la cepa ESC 0110 de *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus*). Los resultados obtenidos indicaron que el mejor de los tratamientos evaluados fue la corona del fruto de piña, sin mezclarla con rastrojo de tomate. El único tratamiento de los evaluados que dio un porcentaje de eficiencia biológica superior al 100% fue el que contenía únicamente la corona del fruto de piña (Lazo, 2001).

En 2002, se comparó el rendimiento de dos cepas de *Lentinula edodes* (Shiitake) (cepa H y M3776) utilizando cinco sustratos diferentes (hule, sangre, mario, volador y chichique) bajo condiciones controladas. Los mayores porcentajes de eficiencia biológica se lograron en aserrín de hule (18.94%), seguido de sangre (18.00%) y mario (16.00%), todos inoculados con la cepa H (Barrios, 2002).

En 2004, se estudió la adaptabilidad de tres cepas del genero *Pleurotus* de origen mexicano (ECS-0110, ECS-0112, ECS-0166), sobre tres diferentes sustratos de fructificación. Se concluyó que los sustratos de paja de trigo y olote de maíz fueron los que proporcionan los mejores resultados en cuanto a peso fresco de hongos producidos y el menor tiempo en relación al apareamiento de cuerpos fructíferos, para las cepas utilizadas (Gómez, 2004).

Ese mismo año, se evaluó la pulpa de café (*Coffea arabica*) mezclada con cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y bambú (*Bambusa vulgaris* var. *striata*) en cinco proporciones diferentes, para cuantificar la eficiencia biológica de la cepa ECS-110 (INIREB-8) de *Pleurotus ostreatus* (proveniente de ECOSUR, Chiapas, México). Se determinó que el agregar pulpa de café a los sustratos tiene un efecto positivo pues presentan mayor eficiencia biológica (Tuchán, 2004).

Asimismo, se realizó una evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), cepa ECOSUR-0112. La eficiencia biológica en los substratos constituidos por pasto estrella, pericarpio de Jacaranda y la mezcla formada por ambos fueron de 107.40, 67.80 y 83.75 por ciento respectivamente (Ardón, 2004).

En 2006, se efectuó el mejoramiento genético de dos cepas nativas de *P. djamor* var. *djamor* y dos de *P. ostreatus*, por medio del entrecruzamiento de micelio monocariótico. Una de las cepas obtenidas (DJS3) se considera promisoría para su cultivo en comunidades rurales, por su velocidad de crecimiento miceliar y alta producción de cuerpos fructíferos (Bran, Morales, Cáceres, González y Flores, 2006).

En ese mismo año se describieron las características del cultivo *in vitro* y producción de inóculo de cuatro cepas nativas de *Neolentius ponderosus* y *N. lepideus*. Se determinó que los crecimientos más rápidos fueron observados en el medio EMA a 18°C para las cepas *N. lepideus* 90.2002 y *N. ponderosus* 02.2002 y a 26°C para la cepa *N. ponderosus* 145.2002; así como en el medio ASD a 26°C para la cepa *N. ponderosus* 02.2003 (Mahler, 2006).

Asimismo, se evaluó el crecimiento miceliar y biomasa de ocho cepas de *Pleurotus* (*Pleurotus levis*, *P. ostreatus*, *P. djamor* var. *djamor*, y *P. djamor* var. *roseus*), en tres medio de cultivo (PDA, AEM y ASD) y tres temperaturas de incubación (18, 24 y 26°C). La cepa que presentó la mejor tasa radial de crecimiento (mm/día) fue *P. ostreatus* 06.2003 en el medio PDA a 18, 24 y 26°C, así como en el medio AEM a 24 y 26°C; seguida de la cepa *P. djamor* var. *roseus* 03.2002 en los medios PDA y ASD a 24°C. La cepa *P. levis* 50.2002, fue la que obtuvo la menor tasa radial de crecimiento. La producción de biomasa fue mayor en *P. djamor* var. *roseus* 131.2002 en todos los medios a 26°C y la cepa con menor biomasa producida fue *P. levis* 50.2002 (Pérez, 2006).

En 2007, se evaluó el rastrojo de maiz (*Zea mays*) L. y hojarasca de roble (*Quercus peduncularis*) para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) cepa Ecs 110, comparados con pulpa de café. La eficiencia biológica sobre rastrojo de maiz y hojarasca de *Quercus*, fue de 113.28 y 113.52% respectivamente, las cuales estadísticamente son menores a las obtenidas sobre el testigo (148.21 por ciento), por lo que se considera aceptables para ser explotados en la producción de carpóforos de la cepa Ecs 110 (Ceballos, 2007).

Asimismo, como producto de una investigación cofinanciada por la Dirección General de Investigación, en el 2007, se determinó que la cepa *N. ponderosus* 02.02 es promisoría para su cultivo en comunidades rurales, ya que el inóculo de la misma se obtiene en 40 días en aserrín de pino a 26°C. Para la producción de cuerpos fructíferos, se debe cultivar en un sustrato a base de aserrín de pino y salvado de arroz, debido a que no solo se obtiene una eficiencia

biológica considerable (29.91%) sino que se obtiene un alto porcentaje de píleos de más de 5 cm de diámetro (Bran *et al.*, 2007).

En 2008, se describieron las características miceliales de cultivo *in vitro* de una cepa nativa de *Pleurocybella porrigens* (Pers. Ex Fr.) Singer, así como el medio y la temperatura más adecuada para su desarrollo. El crecimiento más vigoroso y rápido fue observado en el medio PDA-IM a 24°C a los 17 días de incubación con un diámetro de 50.9 mm y una tasa radial de crecimiento de 2.9 mm/día (Cojtí, 2008).

Ese mismo año, en otro estudio también cofinanciado por la Dirección General de Investigación, se determinó que la cepa *Schizophyllum commune* 52.03 posee un gran potencial para ser utilizada en el cultivo artesanal en comunidades rurales, ya que no solo mostró el mayor diámetro de las colonias en el medio PDA, sino que también presentó el valor más alto de EB, comparado con las demás cepas evaluadas (Bran, Morales, Cáceres y Flores, 2008).

B. *Neolentinus ponderosus* Redhead & Ginns

Neolentinus ponderosus se clasifica taxonómicamente en el Reino Fungi, Phylum Basidiomycota, Clase Basidiomycetes, Subclase Agaricomycetidae, Orden Polyporales, Familia Polyporaceae, Género *Neolentinus* Redhead & Ginns, 1985 (Hawksworth, Kirk, Sutton & Pegler, 1995).

1. Características morfológicas:

La superficie del píleo está esencialmente formada por un epicutis. En muchos casos el píleo es fibriloso radialmente, escamoso o densamente piloso. El pileipellis usualmente está formado por hifas generativas, con fíbulas, aunque es frecuente encontrar hifas esclerificadas especialmente hacia el centro del píleo. El himenio es lamelar, decurrente al estípite. Las láminas son triangulares en sección. Muchas especies desarrollan anastomosis e intervenaciones, resultando en una condición subporoide que posiblemente indique un ancestro polyporal. Trama lamelar regular (Redhead & Ginns, 1985).

El sistema hifal generalmente es dimítico, aunque algunas especies pueden presentar un sistema trimítico. El tipo de hifas secundarias, está constituido por hifas generativas y esqueléticas o ligadoras-esqueléticas (Pegler, 1983). Las basidiosporas generalmente son cilíndricas, hialinas, inamiloides, no dextrinoides, de pared delgada y lisa (Pegler, 1983).

2. Hábitat y distribución

N. ponderosus, es una especie que se encuentra en la región Pacífico-Noroeste de América del Norte, también se ha reportado de México. Se encuentra creciendo sobre troncos podridos de coníferas, especialmente sobre *Pinus*

ponderosa Dougl. (Pegler, 1983). En México se ha recolectado sobre troncos de pino (*Pinus* spp) o encino (*Quercus* spp) en tiempos secos (mayo y junio), con un poco de humedad en el suelo (Moreno-Fuentes, Cifuentes, Bye & Valenzuela, 1996). En el país *Neolentinus ponderosus* (Miller) Redhead & Ginns se ha reportado en el municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango, creciendo sobre troncos de *Pinus* spp (Bran *et al.*, 2003b).

3. Etnomicología

En Guatemala, *Neolentinus ponderosus* se conoce hasta ahora, con los nombres vernáculos de kulich (idioma Chuj) u hongo de verano en el municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango. Se recolecta durante el final de la época seca (marzo a abril) (Bran, *et al.*, 2003a) y es objeto de venta en los mercados de San Mateo Ixtatán, Bulej (San Mateo Ixtatán), Paleguá (Nentón), Santa Cruz Barillas y Santa Eulalia (Huehuetenango), a un precio de Q20.0 a Q25.0 la libra (Morales, comunicación personal).

Los indígenas en la región de Bacusinare, municipio de Guazapares, Chihuahua, México, conocen el hongo comestible Kuté-mo'kó-a (en dialecto tarahumara) u "hongo del troncón". Se ha determinado que por sus características morfológicas corresponden a la especie de *Neolentinus ponderosus*. Este hongo se recolecta antes de las lluvias y se consume solamente el píleo (Moreno-Fuentes *et al.*, 1996).

4. Estudios sobre el cultivo de *Neolentinus*

Se estudió una cepa de *N. ponderosus*, la cual presentó un diámetro entre 78 y 89 mm a los 14 días de incubación, con textura algodonosa, color blanco, con hifas radiadas hacia el margen. Olor afrutado (Miller, 1965).

Se evaluó la potencialidad de cultivo de dos cepas silvestres de *N. lepideus* y *N. ponderosus* utilizando como medios de cultivo agar extracto de malta y agar papa dextrosa, se obtuvo un crecimiento adecuado de las dos cepas, en los medios utilizados. En las pruebas llevadas a cabo en semillas y otros sustratos, se observó un desarrollo micelial adecuado en granos de trigo y crecimiento lento en paja de trigo, en ambas especies (Palacios, 2000).

Asimismo, como producto de una investigación cofinanciada por la Dirección General de Investigación, en el 2007, se determinó que la cepa *N. ponderosus* 02.02 es promisoría para su cultivo en comunidades rurales, ya que el inóculo de la misma se obtiene en 40 días en aserrín de pino a 26°C. Para la producción de cuerpos fructíferos, se debe cultivar en un sustrato a base de aserrín de pino y salvado de arroz, debido a que no solo se obtiene una eficiencia biológica considerable (29.91%) sino que se obtiene un alto porcentaje de píleos de más de 5 cm de diámetro (Bran *et al.*, 2007).

IV. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el cultivo de hongos se visualiza como una alternativa para la solución, al menos parcial, de problemas como la insuficiencia alimenticia y la contaminación por desechos orgánicos de origen industrial y se ha propuesto como una nueva alternativa de producción de alimentos de alta calidad para consumo humano, a través del reciclaje de desechos agrícolas y forestales que permite obtener de manera simultánea subproductos que se pueden destinar a la alimentación de animales, como biofertilizante ó para biorremediación.

Con el fin de posibilitar el acceso de las comunidades campesinas a los conocimientos científicos y técnicos generados de proyectos de investigación, es necesario desarrollar actividades o programas que permitan que estas comunidades tengan al alcance una tecnología apropiada, que les permita producir cuerpos fructíferos de hongos comestibles en condiciones artesanales, para beneficio y desarrollo de las mismas como una alternativa sostenible.

Guatemala posee una gran diversidad de hongos comestibles que se conocen desde tiempos inmemoriales. Uno de ellos es *Neolentinus ponderosus*, especie que se utiliza como alimento por personas de la etnia Chuj, que habitan en los municipios de San Mateo Ixtatán y Nentón del departamento de Huehuetenango, donde se le conoce con los nombres de “hongo de pino” o “Kulich” (Bran *et al.*, 2003a, 2003b).

N. ponderosus es una especie saprobia y degradadora de madera, características que hacen factible su cultivo sobre residuos procedentes de actividades madereras y agrícolas, particularmente en lugares de clima frío del país. Mediante su cultivo, se estaría dando no solo uso a la diversidad fúngica nativa sino que se contribuiría a la utilización de residuos desechados para la producción de hongos comestibles. De esta manera se favorece la producción de alternativas alimenticias, medicinales y económicas que contribuyen al desarrollo de las comunidades campesinas así como a la conservación del medio ambiente.

Gracias al financiamiento que la Universidad de San Carlos de Guatemala concede a la investigación, se ha logrado conocer el uso tradicional y redescubrir el gran aprecio que se tiene por los hongos y en particular sobre el “hongo de pino”. También se han aislado a nivel de laboratorio varias cepas nativas y se ha desarrollado tecnología apropiada para su cultivo a nivel artesanal (Bran *et al.*, 2005, 2007). Sin embargo esta tecnología aún no había sido transferida a las comunidades campesinas, quienes originalmente proporcionaron la información referente a su utilización como alimento, por lo tanto se hizo necesario transferir la tecnología para el cultivo artesanal del “hongo de pino” (*N. ponderosus*) a comunidades campesinas del altiplano de Guatemala, a través de actividades de capacitación teórico-prácticas.

V. OBJETIVOS

1. General

Transferir la tecnología para el cultivo artesanal del “hongo de pino” (*Neolentinus ponderosus*) a comunidades campesinas del altiplano de Guatemala, a través de actividades de capacitación.

2. Específicos

- Capacitar a comunidades campesinas en el cultivo y producción artesanal del hongo de pino (*Neolentinus ponderosus*), a través de la transferencia de la tecnología previamente generada en la Universidad de San Carlos.
- Evaluar la producción de cuerpos fructíferos de *Neolentinus ponderosus* cultivados sobre desechos agrícolas y forestales en comunidades campesinas, por medio de la cuantificación de la eficiencia biológica.

VI. METODOLOGÍA

A. Diseño

El diseño del estudio es descriptivo, observacional.

La variable de respuesta fue la cantidad de inóculo y personas participantes. Además está en proceso de medición la evaluación de cuerpos fructíferos (expresada en términos de eficiencia biológica y porcentaje de tamaño de los píleos) producidos en cada una de las organizaciones comunitarias participantes.

B. Método

1. Revitalización de la cepa

El procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Bran *et al.*, (2007).

- La cepa de *N. ponderosus* 02.2002 fue revitalizada en agar papa dextrosa (PDA) e incubándola a 26°C durante 25 días.

2. Producción de biomasa.

El procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Bran *et al.*, (2007).

- La cepa revitalizada se sembró en 3,000 cajas de agar extracto de malta (EMA) y PDA, para la propagación de la biomasa.
- Las siembras se hicieron en lotes de 50 cajas, son una periodicidad 1 semana entre lotes.
- Cada una de las cajas con agar fueron sembradas con un segmento de 0.5cm de diámetro de la cepa *N. ponderosus*.
- Las cajas se sellaron con papel Parafilm y se incubaron por 30 días.
- Las cepas fueron guardadas en cepario en cultivo axénico.

3. Producción de inóculo

El procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Bran *et al.*, (2007). El inóculo producido sirvió para la siembra de los sustratos en las comunidades campesinas y se produjo constantemente.

La producción de inóculo se llevó a cabo utilizando como sustrato granos de trigo por ser un vehículo que presenta mejor manejo al momento de impartir la capacitación.

- El trigo fue hidratado durante 24 horas, alcanzando aproximadamente el 80% de humedad.
 - Los granos de trigo ya hidratados fueron pesados en bolsas de polipapel en unidades de 200 gramos (peso húmedo) y se esterilizaron durante 45 minutos a 121°C y 15lbs/p².
 - Una vez los sustratos fueron esterilizados y se dejaron enfriar, se inocularon con fragmentos de agar de aproximadamente 1.0 cm² del micelio que creció en el medio de cultivo PDA.
 - Las bolsas fueron identificadas con el código de la cepa, fecha de inoculación, temperatura de incubación y lote.
 - Posteriormente fueron incubados a 26°C por un máximo de 45 días.
 - Se realizaron revisiones periódicamente para observar el crecimiento del micelio sobre el sustrato, hasta que presentó una completa colonización.
4. Organizaciones campesinas incluidas en el proyecto de investigación
- Se contactaron a diversas organizaciones comunitarias, para realizar la transferencia de tecnología, de acuerdo con lo recomendado por (Bran *et al.*, 2005).
 - Dichas organizaciones comunitarias poseen ya la infraestructura adecuada para el cultivo de hongos comestibles, las cuales son:
 - Cooperativa Pueblo Unido –COINPU R. L.-. Comunidad 29 de diciembre, Zaragoza, Chimaltenango.
 - Asociación de desarrollo integral femeníl “El esfuerzo” –ADIFE-. Parcelamiento La Giralda, Tecpán, Chimaltenango.
5. Contacto con organizaciones campesinas y programación de capacitaciones
- Se estableció el contacto con las organizaciones campesinas, una vez fue aprobado el proyecto de investigación.
 - Luego se programó una reunión con cada una de las organizaciones campesinas para exponer el proyecto de investigación y garantizar la participación en el mismo.
 - Es establecieron las fechas de las capacitaciones.
 - Se elaboró un calendario de capacitaciones, con base a los resultados de las reuniones realizadas con las organizaciones campesinas.
 - Oportunamente se notificó a cada organización campesina participante, la fecha de cada capacitación.
6. Capacitación para la transferencia de tecnología del cultivo del “hongo de pino”
- Inicialmente se efectuó una actividad de capacitación teórica práctica por cada asociación campesina participante, en la fecha establecida.
 - La capacitación fue dividida en cinco temas, desarrollados de acuerdo con el siguiente cuadro:

Tema	Cultivo artesanal del “hongo de pino”*	Duración (días)
I	Selección, preparación y desinfección de los sustratos	2**
II	Siembra e incubación	1**
III	Fructificación	1**
IV	Escalonamiento de la producción	1
V	Problemas y soluciones	1
VI	Formas de consumo y comercialización	1

*Ver secciones 7 a 9 del método.

**Estos temas se desarrollaron en días consecutivos.

- Además se impartieron 9 capacitaciones prácticas (siembras de sustratos de producción de cuerpos fructíferos –SPF-), que se desarrollaron de conformidad con los procedimientos en los puntos siguientes.
7. Selección, preparación y desinfección de los sustratos para el cultivo del “hongo de pino”
- Se utilizó aserrín de pino con un tamaño de partícula de 2-3 mm y viruta también de pino con un tamaño de 2-4 cm.
 - La preparación del sustrato se realizó de la manera siguiente:
 - 2.5 Kg de aserrín, 2.5 Kg de viruta y 250 g de salvado de arroz (5 %), para un total aproximado de 5.0 Kg en materia seca.
 - Los sustratos fueron colocados en bolsas de manta (5 Kg).
 - Posteriormente se desinfectaron por pasteurización por inmersión en agua hirviendo a 80°C, durante 60 minutos.
 - Además se aplicaron las siguientes metodologías tomando en consideración los problemas de contaminación presentados:
 - Esterilización con vapor a presión a 121°C y 15lb de presión.
 - Pasteurizaron por inmersión en agua alcalina (Ca(OH)₂ al 2%), a 80°C, durante 60 minutos.
 - Luego se dejaron enfriar y escurrir por 12 horas.
8. Siembra e incubación
- Se prepararon bolsas de nylon de 25 lbs de capacidad, con la base plana.
 - Se colocaron 1.5 Kg de sustrato húmedo en una bolsa de 25 lbs e inoculó con 200 g del inóculo previamente preparado.
 - Una vez inoculadas las bolsas, se les colocó un respiradero con papel previamente esterilizado y vasos plásticos, para favorecer la aireación.

- Los sustratos fueron incubados a temperatura ambiente y en condiciones de oscuridad, durante aproximadamente 45 días o hasta que el micelio colonizara totalmente el sustrato.

9. Fructificación (producción de cuerpos fructíferos)

- Los sustratos se colocarán en un área de producción con iluminación natural difusa y ventilación para favorecer la fructificación.
- Se regarán 3 a 4 veces al día con agua potable, mientras dure la fructificación (aproximadamente 50 días).
- Los cuerpos fructíferos cosechados se pesarán.
- La producción de cuerpos fructíferos se evaluará con base a la eficiencia biológica (EB), la cual se determinará expresando en porcentaje la relación entre peso fresco de las fructificaciones de los hongos producidos y el peso seco del sustrato ($\%EB = (\text{Peso fresco de los hongos} / \text{peso seco del sustrato}) \times 100$).
- El número y tamaño de las fructificaciones obtenidas, se evaluarán según el diámetro del píleo: grupo 1 (G1) < 5,0 cm, grupo 2 (G2) entre 5,0 y 10 cm y mayores a 10 cm (G3).
- Se registrarán los parámetros medioambientales, temperatura y humedad relativa, mientras los sustratos estén en fructificación.

10. Escalonamiento de la producción

- Una vez se efectuaron las siembras se dieron instrucciones para que las personas puedan llevar a cabo las actividades descritas en las secciones 7 a 9 del método, para garantizar la producción constante de cuerpos fructíferos.
- Se efectuó una conferencia sobre la forma adecuada de escalonar la producción.
- Las siembras se realizaron cada 15 días, durante 5 meses.
- Se efectuaron supervisiones periódicas por parte del equipo de investigación.

11. Problemas y soluciones

- Inicialmente se efectuó una conferencia en cada una de las organizaciones participantes, donde se expusieron los problemas (plagas, factores ambientales, cuidados, contaminación por organismos saprobios) que pueden afectar el cultivo del hongo de pino y sus posibles soluciones.
- Durante las supervisiones periódicas se intentaron resolver problemas y se implementaron posibles soluciones para lograr el adecuado cultivo del hongo de pino.

12. Formas de consumo y comercialización

- Se efectuó una conferencia sobre las formas de preparación de los cuerpos fructíferos producidos.
- Asimismo, se informó de la forma de empaque y se discutieron algunos posibles sitios de venta de los hongos.

13. Técnicas de enseñanza, aprendizaje y evaluación

- Técnicas de enseñanza-aprendizaje:
 - Exposiciones orales dinamizadas, exposiciones, carteles, laboratorios aprendiendo haciendo.
- Evaluación:
 - Evaluación y calificación de procedimiento de buenas prácticas de manufactura (Muy bueno, bueno, regular y malo) (anexo hoja de registro)

C. Análisis de la información

La información obtenida (cantidad de cuerpos fructífero), se expresará en términos de eficiencia biológica.

El análisis de los datos se realizará de por medio de estadística descriptiva.

La medición de este parámetro también permitirá evaluar el aprendizaje de las personas, así como la buena capacitación brindada por parte de los investigadores.

VII. RESULTADOS

Se revitalizó en el laboratorio la cepa de *Neolentinus ponderosus* 2.2002, almacenada en el cepario de hongos saprobios y micorrízicos de la Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos –BioTAH-. Se elaboraron un total de 320 cajas de cultivo para producción de biomasa, las cuales se utilizaron para la producción de inóculo (semilla).

Asimismo se preservó la cepa de *N. ponderosus* 2.2002 en 30 tubos de ensayo con tapa de rosca con medio de cultivo PDA a una temperatura de 8°C, para mantenerla viable para posteriores estudios.

A. Producción de inóculo:

Se prepararon 9 lotes, que representaron un total de 376 lb, de los cuales se utilizaron 178 lb (Tabla 1). Para la elaboración del inóculo se usó como sustrato granos de trigo en lugar de aserrín de pino, incubándose a una temperatura de $22 \pm 4^\circ\text{C}$ y a una humedad relativa de $71 \pm 9\%$.

Como parte del control de calidad del inóculo, se realizaron siembras en medios de cultivo PDA y Agar Sabouraud –ASD- para descartar la presencia de contaminantes.

Tabla 1. Inóculo producido con la cepa *N. ponderosus* 2.2002

No. de lote	Cantidad /libras	Utilizados / libras
1	53	19
2	53	19
3	36	20
4	52	24
5	35	20
6	36	19
7	54	19
8	28	19
9	29	19
Total	376	178

B. Contacto y participación de las organizaciones comunitarias:

Con cada organización se llevó a cabo una reunión introductoria en la que se expuso el proyecto así como la importancia del cultivo de hongos comestibles y la diversificación del mismo, como un beneficio social, económico y de conservación del medio ambiente.

Las organizaciones comunitarias que manifestaron interés y que llenaban los requisitos indispensables fueron la asociación de Desarrollo Integral Femenil “ EL

Esfuerzo “ –ADIFE- de Tecpán Guatemala y la Cooperativa Pueblo Unido - COINPU R.L. de Zaragoza, ambas del Departamento de Chimaltenango.

En la asociación de desarrollo integral femenil “El Esfuerzo” participaron inicialmente 4 miembros, finalizando la capacitación dos (un hombre y una mujer), siendo la segunda una de las líderes comunales; mientras que en la Cooperativa Pueblo Unido COINPU R.L., iniciaron la capacitación 5 miembros, de los cuales únicamente concluyeron 2 (mujeres), siendo estas últimas líderes comunales a cargo de la producción de hongos comestibles en su asociación. Como líderes, en ambas asociaciones las participantes que finalizaron son las replicadoras, encargadas de la formación de otras personas.

C. Capacitaciones:

Se efectuaron 2 capacitaciones iniciales incluyendo los temas de la metodología, en cada asociación. Las técnicas de enseñanza aprendizaje aplicadas fueron: Exposiciones orales dinimizadas, proyecciones de transparencias, laboratorios, conversaciones de los investigadores con los educandos a efecto de debatir los temas y estrechar lazos de interés.

En las capacitaciones teórico- prácticas se aplicó como método andragógico la técnica de “enseñar –haciendo” para la transferencia de tecnología.

D. Siembra de sustratos de producción de cuerpos fructíferos:

Como parte de las actividades de capacitación continua, con cada una de las asociaciones comunitarias, se efectuaron 9 siembras para el escalonamiento de la producción. En cada una de las asociaciones se sembraron 198 sustratos de producción de cuerpos fructíferos –SPF- (396 en total), de las cuales se encuentran en proceso de crecimiento únicamente 43 (10.85%). El resto de los SPF inoculados mostraron signos de contaminación con hongos saprobios, en particular por especies de *Trichoderma* que afectaron el crecimiento y por ello fueron descartadas (Tabla 2).

En cada siembra se inocularon 20 SPF (repeticiones), más dos controles. La temperatura y humedad relativa de incubación en ambas localidades fueron de $18\pm 4^{\circ}\text{C}$ y $70\pm 10\%$, respectivamente, mostrando un crecimiento micelial de lento a moderado.

A la fecha se encuentran 25 SPF en proceso de crecimiento en el módulo de la Asociación de desarrollo integral femenil “El Esfuerzo” y 18 en la Cooperativa Pueblo Unido COINPU R.L.

Tabla 2. Siembra de sustratos de producción de cuerpos fructíferos (SPF)

Siembra	Fecha	SPF	
1	26 al 29 de abril	44	(0)*
2	17 al 21 de mayo	44	(1)*
3	07 al 11 de junio	44	(0)*
4	14 al 18 de junio	44	(1)*
5	05 al 09 de julio	44	(4)*
6 (Control)	13 y 14 de julio	44	(15)*
7	26 al 30 de julio	44	(5)*
8	18 al 22 de octubre	44	(8)*
9	1 al 5 de noviembre	44	(9)*
Total		396	(43)*

* En proceso de crecimiento.

Asimismo, para cada una de las siembras se puso especial énfasis en la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-, como análisis de puntos críticos, llevándose un registro y calificación de las mismas, por observación y monitoreo de procesos. (Anexo 1).

Durante los meses de agosto y septiembre no se llevaron a cabo siembras como consecuencia del cierre del *campus* central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, período en el cual no se tuvo acceso al inóculo producido a nivel de laboratorio.

E. Supervisiones del cultivo de hongo de pino:

Se realizaron 17 supervisiones durante los procesos de siembra e incubación en los módulos de producción en cada una de las asociaciones participantes.

El análisis de las evaluaciones y registro en cada una de las siembras, mostró que las personas capacitadas obtuvieron una calificación muy buena de acuerdo con la escala de ponderación de la hoja de control de procesos de producción del cultivo artesanal del hongo de pino (Anexo 1), no así de las instalaciones físicas para la incubación y desarrollo de SPF, por lo que se reestructuraron, remodelaron y reorganizaron los módulos en ambas asociaciones, para mejorar el rendimiento de la producción de los hongos. Como consecuencia de esta actividad se favoreció el rendimiento de los hongos que se cultivan actualmente en las asociaciones (*Pleurotus ostreatus*, hongo ostra).

Como un aporte del presente trabajo de investigación se elaboró una guía de cultivo de *Neolentinus ponderosus* cepa 2.2002 (Anexo 2), la cual será entregada como material didáctico de apoyo a las asociaciones comunitarias participantes.

F. Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos:

En la fecha de entrega del presente informe no ha sido posible evaluar la producción de cuerpos fructíferos de *N. ponderosus* 2.2002, por medio de la cuantificación de la eficiencia biológica, como consecuencia de que los sustratos de producción inoculadas se encuentran aún en condiciones de incubación.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación orientada a la solución de problemas de seguridad alimentaria, ha venido llevándose a cabo en diferentes países, principalmente en el medio universitario. Los resultados de los proyectos de investigación, ya validados y adecuados a las condiciones particulares de las zonas productivas, se pueden difundir a través de diversos medios como los programas de fomento, capacitación de técnicos y productores, folletos y boletines de divulgación, demostraciones de campo, ferias y exposiciones, videos y programas de radio entre otros medios (Tapia, 2002).

La transferencia de tecnología en sentido estricto de la palabra, como apropiación de los conocimientos o dominio tecnológico, es una necesidad para lograr un acercamiento entre los centros de investigación y las comunidades campesinas productoras (Tapia, 2002). Todo ello para promover programas de fomento y resolución de problemas que mejoren la calidad de vida de los pueblos y naciones, a través de un desarrollo sostenible, fundamentado en sus pilares sociales, ambientales y económicos (García, Gutiérrez & Ospina, 2008).

El cultivo de hongos comestibles, desde el punto de vista de desarrollo alternativo y sostenible, es benéfico, su producción es sencilla, fácil de implementar, otorgando a los campesinos involucrados, una nueva oportunidad de sustento, también permite utilizar los desechos orgánicos generados por otras industrias, liberando al medio ambiente sustancias útiles para el desarrollo de otros organismos. Los desechos del proceso de producción de hongos comestibles, pueden ser utilizados como alimentos para especies rumiantes, como acondicionadores de suelo (García *et al.*, 2008), o para biorremediación (Mora & Martínez-Carrera, 2007).

Gracias al financiamiento que la Universidad de San Carlos de Guatemala concede a la investigación, se logró transferir la tecnología de producción del hongo del pino a las comunidades campesinas, como una fuente alterna de alimento, desarrollo económico y de conservación del medio ambiente.

Para efectuar la transferencia de tecnología se produjeron 376 lbs de los cuales se utilizaron 178. En el proceso de elaboración del inóculo se usó como sustrato granos de trigo en lugar de aserrín de pino, debido a que permitía una mejor manipulación, homogenización y propagación de la semilla. Los granos de trigo han sido utilizados para la preparación exitosa de inóculo de una cepa mexicana de *N. ponderosus* (Palacios, 2000).

Es de hacer notar que debido al cierre del *campus* central universitario se perdieron aproximadamente 120 libras de inóculo, por descomposición del mismo, consecuencia de plagas, contaminantes microbianos y vida media de los sustratos usados como vehículos.

En las asociaciones que se interesaron en la capacitación, las principales participantes fueron mujeres. Este hecho es similar a lo reportado en la producción comunitaria de *Pleurotus ostreatus*, en el Municipio de Tenejapa, México, donde existen 35 módulos de cultivo en los cuales participan 18 a 19 mujeres indígenas tzeltales (De León–Monzón, Sánchez & Nahed-Toral, 2004). Asimismo en Guatemala de 222 participantes el 75.2% fueron mujeres entre 11 grupos capacitados de diferentes localidades (Bran *et al.*, 2004).

En el caso del presente proyecto se capacitaron únicamente cuatro personas, dos por cada asociación campesina. A pesar de que el número de personas capacitadas fue reducido, se ha recomendado que para el cultivo de hongos intervengan pocas personas en el proceso de producción, para un mayor control sobre cada una de las fases (García *et al.*, 2008).

Cabe resaltar que las participantes son las líderes de sus grupos, lo que garantiza que en el futuro, transfieran esta tecnología a otros miembros de sus asociaciones.

La transferencia de tecnología en estas asociaciones comunitarias, es de especial importancia, ya que las integrantes de la Asociación Femenil “El Esfuerzo” en Tecpán, son viudas del conflicto armado, que necesitan entrenarse en otras actividades agrícolas y artesanales, como es el caso del cultivo de *N. ponderosus* como una alternativa de desarrollo alimenticio y económico. De igual manera en la Cooperativa Pueblo Unido COINPU R.L., en Zaragoza, cabe mencionar que pertenecen a un grupo de exguerrilleros, algunos de ellos discapacitados, quienes han encontrado en la producción de hongos una oportunidad de trabajo.

En cuanto a las técnicas de enseñanza aprendizaje aplicadas por los investigadores cabe destacar la modalidad aprender-haciendo, la cual involucra aquella docencia que bajo el nombre de talleres, laboratorios o proyectos, está a cargo de uno o más profesores, que incentivan el trabajo creativo y práctico de los aprendientes, experimentándose con procesos o fenómenos a partir de ideas o propuestas teóricas previamente formuladas. Es una modalidad centrada en el alumno, que busca desarrollar su sensibilidad frente a problemas reales, estudiar alternativas de solución y evaluar sus implicaciones, en conjunto con la utilización de tecnologías. Se produce un alto grado de interacción entre estudiante y profesor, como también entre los mismos estudiantes, se incentiva el trabajo en equipo, y el contacto con el medio externo, así como plantear ideas en público y la crítica constructiva dentro de esta modalidad. La forma de evaluación, se basa en el seguimiento del proceso que garantice el avance a la obtención de una solución (factible) al problema planteado (Dinamarca, Hevia, Matamoros, Reyes & Schweitzer, 2000).

A través de la aplicación de la modalidad aprender–haciendo los investigadores no solo transfirieron conocimientos teórico-prácticos del tema, sino que además, facilitaron una intervención constructiva que logró que los alumnos aprendieran y aplicaran las Buenas Prácticas de Manufactura –BPM-. Esto proporcionó muchas

ventajas, porque ellos mismos se dieron cuenta, guiados por los investigadores, de las debilidades y fortalezas de la producción, no solo de la tecnología que se aplicó para el cultivo del hongo del pino (*N. ponderosus*), sino que además de la que era desarrollada por la comunidad para el cultivo del hongo ostra (*P. ostreatus*). A tal extremo que los grupos capacitados trabajando conjuntamente con los investigadores, evaluaban cada paso del procedimiento que se llevaba a cabo, detectando errores y corrigiéndolos.

Al respecto de los problemas encontrados se hace la observación que todas las unidades de producción se desarrollaron normalmente durante los primeros 15 días después de su inoculación en sustrato, pero debido a la influencia de las tormentas Ágata y Alex, los módulos de incubación sufrieron averías en su estructura, generándose aberturas y goteras, por lo que se presentó exceso de humedad y como consecuencia, contaminación y presencia de mohos, no solo en los sustratos sino incluso en pisos y estanterías de las instalaciones. Esto provocó que se perdieran la mayoría de unidades de producción de cuerpos fructíferos inoculadas.

Por otra parte en la comunidad de Zaragoza, aparte del exceso de humedad, los módulos fueron remodelados y ampliados, lo que generó la contaminación de los sustratos en incubación como consecuencia de exposición al aire y al polvo, causado por manejo de material de construcción y el paso indiscriminado de personal fuera y dentro del módulo. Para subsanar esta situación se aconsejó improvisar un cuarto de incubación en otra área. Además, se encontró abundancia de *Trichoderma* sp en los anaqueles hechos de bambú y madera, particularmente en las áreas que no habían sido pintadas con cal.

En Tecpán se procedió a hacer las reparaciones indispensables tanto para eliminar goteras como reparar entradas de aire y aplicar limpieza profunda en los módulos, buscar y erradicar las fuentes de contaminación (mohos), las cuales se dieron por el exceso de humedad.

En las dos asociaciones las primeras cuatro inoculaciones, se contaminaron con *Trichoderma*. Un punto crítico detectado lo constituyó la desinfección del sustrato aplicando pasteurización por inmersión en agua caliente, metodología factible a utilizar en las comunidades, que recomendaba pesar 8 libras de sustrato, por lo que se disminuyó 1.5 libras, para solucionar el problema, sin embargo no fue totalmente efectivo. Además se sustituyó la estufa de leña por una estufa industrial a base de gas propano.

A efecto de corregir este problema, en el mes de julio se realizó una práctica utilizando esterilización con vapor a presión (autoclave), de la cual actualmente se encuentran en proceso de incubación 15 UP. En el resto de las siembras al no contar con autoclaves para la esterilización, se procedió a combinar la inmersión con agua caliente con la inmersión en agua alcalina al 2%, para contrarrestar la contaminación por las especies de *Trichoderma*, el cual afectó considerablemente la producción.

Asimismo, para identificar y controlar la contaminación, se tomaron muestras para cultivo de los distintos ambientes y posteriormente se procedió a desinfectar las áreas de trabajo. Además se comprobó la pureza del inóculo, para lo cual fueron seleccionados lotes al azar (lote 3, 4, 5, y 8), no detectándose ningún tipo de contaminación después de 3 semanas de incubación en PDA.

Entre los contaminantes que pueden afectar los cultivos de hongos están las especies de *Trichoderma*, estas no dependen exclusivamente de los nutrientes solubles fácilmente disponibles, sino que también son capaces de descomponer la celulosa del sustrato. Esta característica junto con su capacidad para funcionar eficazmente como saprobio y su elevada tasa de crecimiento, lo convierten en los hongos más dañinos del cultivo. El hongo puede ser contrarrestado aplicando varias técnicas, tales como tratamiento con cal, uso de fungicidas como el benomilo, sin embargo aún así es difícil su erradicación (Sánchez & Royse, 2002). En nuestra experiencia consideramos que para la erradicación de los contaminantes se debe aplicar técnicas de esterilización con vapor a presión y trabajar en cabinas de contención, sin embargo esto no es aplicable a nivel de comunidades campesinas, por lo que se recomienda continuar buscando y aplicando alternativas que permitan la eliminación de los contaminantes a nivel artesanal, mediante la construcción de calderas de tratamiento térmico.

En la fecha de entrega del presente informe no ha sido posible evaluar la producción de cuerpos fructíferos de *N. ponderosus* 2.2002, cultivados en las asociaciones campesinas por medio de la cuantificación de la eficiencia biológica, como una prueba más de apropiación del conocimiento adquirido, como consecuencia de que las unidades de producción inoculadas que no se contaminaron, debido a los inconvenientes ya mencionados, se encuentran aún bajo condiciones de incubación en proceso de crecimiento, en cada comunidad.

En trabajos previos utilizando esta misma cepa (*N. ponderosus* 2.2002), aplicando técnicas de esterilización con vapor a presión en la preparación del sustrato, el período de incubación informado fue de aproximadamente 58 días. Además se encontró una eficiencia biológica de 29.91%, con una tasa de producción de 0.52. (Bran *et al.*, 2007).

En otros hongos relacionados taxonómicamente con *N. ponderosus*, específicamente el caso de *Lentinula edodes* se ha encontrado que el período de incubación para lograr la colonización del sustrato y producción de cuerpos fructíferos es de 60 a 90 días, utilizando como sustrato aserrín de encino (Chang & Miles, 2004; Martínez-Carrera *et al.*, 2004.).

El cultivo de hongos, como actividad sustentable requiere de ciertos conocimientos específicos que el productor insipiente esta obligado a tener antes de iniciar la actividad, y que, después, esta obligado ha actualizar para hacer frente a los problemas que se le presenten en la producción. Así, la capacitación constante y la investigación son dos elementos de vital importancia para el éxito económico y para el mantenimiento de la competitividad de los cultivadores. La

desvinculación investigación-producción va en detrimento del desarrollo tecnológico, la eficiencia y competitividad. (Sánchez, Martínez-Carrera, Mata & Leal 2007).

Por ello, es necesario desarrollar una base de confianza mutua para la interacción entre ambos sectores sea cada vez más frecuente. Es menester hacer notar que la investigación no solo esta compuesta de ciencia, sino que también requiere de política y acciones claras, con la participación amplia de los centros de investigación, del gobierno y de la sociedad (Sánchez *et al.*, 2007).

IX. CONCLUSIONES

1. En las actividades de capacitación teórico-prácticas, se entrenaron 4 personas de dos asociaciones comunitarias (Femenil “El Esfuerzo” de Tecpán Guatemala y Pueblo Unido COINPU R.L. de Zaragoza, ambas de Chimaltenango), en el cultivo artesanal del “hongo de pino” (*Neolentinus ponderosus*).

2. No fue posible evaluar la producción de cuerpos fructíferos de *N. ponderosus* por medio de la cuantificación de la eficiencia biológica, debido a inconvenientes climáticos (tormentas Ágata y Alex) que provocaron contaminación de los sustratos de producción de cuerpos fructíferos inoculadas, daños a los módulos de incubación, aunado al problema generado por el cierre del *campus* central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

X. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la decontaminación de sustratos aplicando técnicas de desinfección y esterilización en diferentes tiempos y volúmenes de sustratos.
2. Evaluar la producción de cuerpos fructíferos de *N. ponderosus* utilizando como sustrato aserrín de encino suplementado y no suplementado.
3. Mejorar las instalaciones y equipo en las dos comunidades participantes, a efecto de contar con las condiciones ambientales que favorezcan el desarrollo de *N. ponderosus*.
4. Recolectar y estudiar nuevas cepas de *N. ponderosus* y de otros hongos comestibles nativos, para apoyar y promover la utilización de los recursos fúngicos que cuenta el país.
5. Promover la transferencia de tecnología del cultivo de hongos comestibles a través de diversos medios como los programas de fomento, capacitación de técnicos y productores, folletos y boletines de divulgación, demostraciones de campo, ferias y exposiciones, videos y programas de radio entre otros medios.
6. Promover el intercambio de información y tecnologías con organizaciones nacionales e internacionales a efecto de coadyuvar el desarrollo de comunidades campesinas a través de la actualización científica y tecnológica del cultivo de hongos comestibles.
7. Continuar aplicando y monitoreando las buenas prácticas de manufactura para la acreditación del cultivo de hongos comestibles.
8. La transferencia de tecnología en comunidades campesinas, debe ser promovida multisectorialmente (universidades, empresarios y entidades de gobierno).

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldana, A. (2000). *Comparación de la eficiencia de producción de inóculo primaria del hongo comestible Pleurotus ostreatus cepa ECS 0110, en cinco granos*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 55p.
2. Ardón, C. (2004). *Evaluación de pericarpio de jacaranda (Jacaranda mimosaeifolia) y pasto estrella africana (Cynodon plectostachyus), para el cultivo artesanal del hongo ostra (Pleurotus ostreatus, ECOSUR-0112)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad Agronomía). 43p.
3. Arriola, H. (1996). *Utilización de bolsas de polipapel y celofán para el empaque de los inoculos primarios y secundarios de una cepa mexicana de Pleurotus ostreatus (Jacq.:Fr.) inoculada sobre sorgo (Sorghum bicolor)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 34p.
4. Barrios, R. (2002). *Comparación del rendimiento de dos cepas de Lentinula edodes (Shiitake) utilizando cinco sustratos diferentes bajo condiciones controladas*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 54p.
5. Bran M., Morales, O., Cáceres, R., Flores, R. (2003a). *Hongos Comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. (Fase III)*. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación.
6. Bran M., Morales, O., Cáceres, R., Flores, R. (2003b) *Contribución al conocimiento de los hongos comestibles en Guatemala*. Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Edición Especial, Revista Científica. Vol 1 (1): 1-24.
7. Bran, M., Morales, Cáceres, R., O., Flores, R., Andrade, C., Quezada A., Salazar, J., Alarcón, D. & Carranza, C. (2004). *Hongos Comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. (Fase IV)*. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación. USAC. 51p.
8. Bran, M., Morales, O., Cáceres, R., Flores, R., Álvarez, G., Mazariegos, A., Quan, L. (2005). *Producción de inóculo de cepas nativas para estimular el cultivo de hongos comestibles en comunidades campesinas, como alternativa de autoconsumo y comercialización*. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación. USAC. 30p.
9. Bran, M., Morales O., Cáceres R., González M., Flores R. (2006). *Mejoramiento genético y producción de inóculo de cepas nativas de Pleurotus spp*. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación. USAC.
10. Bran, M. Morales, O., Cáceres, R., Flores R., Blanco, R. (2007). *Caracterización in vitro y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas de Neolentinus ponderosus y N. lepideus*. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación. USAC. 50p.
11. Bran, M., Morales, O., Cáceres, R., Flores R. (2008). *Caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Asam (Schizophyllum commune Fr.)*. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación. USAC. 59p.

12. Castillo, F. (1989). *Composición y valor nutritivo de la proteína de Pleurotus spp cultivado sobre pulpa de café*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 49p.
13. Ceballos, D. (2007). *Evaluación de rastrojo de maíz (Zea mays) L. y hojarasca de roble (Quercus peduncularis) previo al cultivo artesanal del hongo ostra (Pleurotus ostreatus ECS-110)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad Agronomía). 42p.
14. Chang, S. & Miles, P. (2004). *Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. 2a. ed. USA: CRC Press. 451p.
15. Cojtí, B. (2008). *Cultivo de una cepa nativa de Pleurocybella porrigens (Pers. ex Fr.) Singer para la producción de cuerpos fructíferos in vitro*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 40p.
16. De León, R. (1985). *Adaptación de una cepa silvestre Guatemalteca de Volvariella bakeri (Murr.) Shaffer, a cultivo de laboratorio*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 36p.
17. De León–Monzón, J., Sánchez, J. & Nahed-Toral, J. 2004. *El cultivo de Pleurotus ostreatus en Los Altos de Chiapas, México*. Rev. Méx. Mic. 18:31-38
18. De León, R. (2003). *Cultivation of edible and medicinal mushrooms in Guatemala, Central America*. Micol Apl Int 15(1): 31-35
19. De León, R. (2007). *Cultivo de Pleurotus spp y buenas prácticas de manejo para la producción de cuerpos fructíferos inocuos*. En: *El cultivo de setas Pleurotus spp en México*. Sánchez, J., Marínez-Carrera, D., Mata, G., y Leal, H. (eds). El Colegio de la Frontera Sur –ECOSUR, México. 1ª. Ed. 236p. p177-183.
20. De León, R. et al. (1983). *Coffee by products and citronella bagasse as substrates for Pleurotus production*. Mushroom Newsletter for the Tropics 4(1):13-16.
21. Dinamarca J., Hevia L., Matamoros C., Reyes C. & Schweitzer A. 2000. *Vigencia del método del aprender-haciendo en la formación del estudiante de la UTFSM*. Universidad Técnica Federico santa María-UTFSM- Valparaíso. Documento impreso. 3 págs.
22. Franco, L. (1986). *Valor nutritivo de la paja de trigo tratada con el hongo Basidiomiceto Pleurotus sajor-caju como fuente de alimento para ovinos*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia). 50p.
23. García, A., Gutiérrez, C. & Ospina, C. 2008. *Propuesta del cultivo de hongo Pleurotus y Lentinula edodes a partir de la biomasa del café en las fincas cafetaleras de Manizales para el fortalecimiento de los programas de desarrollo alternativo*. Cuadernos Latinoamericanos de administración, Vol 4 No. 6 35-67).
24. García, D. (2000). *Utilización de rastrojo de maíz (Zea mays L.) y cascarilla de arroz (Oriza sativa L.) como sustrato para el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 47p.
25. García, E. (1999). *Cultivo in vitro de cepas silvestres guatemaltecas de Auricularia sp.* Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación

- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 44p.
26. Girón, D. (2000). *Cultivo de hongos Pleurotus ostreatus en subproductos lignocelulosicos derivados de la agroindustria de la palma africana (Elaeis guineensis Jacq.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 53p.
 27. Godoy, C. (1997). *Cultivo de una cepa de Pleurotus ostreatus utilizando como substrato aserrín de caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 59p.
 28. Gómez, H. (2004). *Adaptabilidad de tres cepas de hongos comestibles del Género Pleurotus, en tres diferentes substratos de fructificación, bajo condiciones de invernadero*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación Centro Universitario de San Marcos). 55p.
 29. Hawksworth, D., Kirk, P., Sutton, B. & Pegler, D. (1995). *Ainsworth & Bisby's, dictionary of the fungi*. 8th ed. CAB International. United Kingdom. p310. 616p.
 30. Lazo, G. (2001). *Determinación de la eficiencia del rastrojo de tomate (Lycopersicon sculentum Miller) y la corona del fruto de piño (Ananas comosus (L.) Merrill) y sus mezclas en el cultivo de la cepa ESC 0110 de Pleurotus (Pleurotus ostreatus)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 51p.
 31. Mahler, J. (2006). *Descripción de las características del cultivo in vitro y producción de inóculo de cuatro cepas nativas de Neolentinus spp.* Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 41p.
 32. Mairén, E. (1994). *Estudio del efecto, en el rendimiento, de cuatro diferentes substratos sobre tres cepas comerciales de hongos comestibles "Shitake" (Lentinula edodes (berck) Plegler) bajo condiciones ambientales naturales en el municipio de Tecpán, Chimaltenango*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 70p.
 33. Martínez-Carrera, D., M. Sobal, M., Morales, P., Martínez, W., Martínez, M. y Mayett, Y. (2004). *Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana*. COLPOS-BUAP-UPAEP-IMINAP, Puebla.
 34. Mérida, E. (2008). *Evaluación de la eficiencia biológica de dos variedades del hongo comestible (Pleurotus djamor var. djamor y var. roseus) utilizando como sustrato paja de avena, rastrojo de maíz y olote, en la aldea Los Regadillos, Chiantla, Huehuetenango*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Centro Universitario del Nor-Occidente). 73p.
 35. Miller, O. K. Jr. (1965). *Three new species of lignicolous agarics in the Tricholomataceae*. Morales O., Cáceres R., Flores R Mycologia 57: 933-945.
 36. Mora, V. & Martínez-Carrera, D. 2007. *Investigaciones básicas aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas Pleurotus spp en México*. En Sánchez J., Martínez Carrera D., Mata G. Y Leal H. Editores. El cultivo de setas Pleurotus spp en México. México: El Colegio de la frontera sur. Pp 7-26.
 37. Moreno-Fuentes A., Cifuentes, J. Bye, R. & Valenzuela, R. (1996). *Kuté-mo'kó-a: Un hongo comestible de los indios Rarámuri de México*. Rev. Mex. Mic. 12:31-39.

38. Orozco, C. (2000). *Cultivo de Pleurotus ostreatus utilizando como sustratos rastrojo, zacate y tusa*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 64p.
39. Ovalle, J. (1982). *Evaluación de cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones (Agaricus bisporus (Lange) Sing. var. Avellaneus)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 46p.
40. Palacios, A. (2000). *Investigación sobre la potencialidad de cultivo de dos cepas silvestres de Neolentinus lepideus y N. ponderosus*. En: Memorias del VII Congreso Nacional de Micología. Querétaro, México, p53.
41. Pegler D. (1983). *The genus Lentinus: A world monograph*. 1^a. ed. Kew Bulletin Additional Series X. London, 1738p.
42. Pérez, B. (2006). *Descripción de las características macroscópicas, de cultivos in vitro de cepas de Pleurotus aisladas en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 63p.
43. Pérez, R. (1990). *Caracterización química de valor nutritivo de los anacates (Cantharellus cibarius Fr.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 58pp.
44. Quimio, T. & Chang, S. (1990). *Technical guidelines for mushroom growing in the tropics*. Italia: FAO. 102p.
45. Redhead S. & Ginns J. (1985). *A reappraisal of agaric genera associated with brown rots of woods*. Trans. Mycol. Soc. Japan 26: 349-381.
46. Rojas, E. (2004). *Evaluación de paja de trigo, Triticum sativum; broza de encino, Quercus sp. y rastrojo de maíz, Zea mays; para el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus bajo condiciones artesanales en San Rafael La Independencia, Huehuetenango*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación Facultad de Agronomía). 82p.
47. Sánchez, J., Martínez-Carrera, D., Mata, G. & Leal, H. (Eds.) 2007. *El cultivo de setas Pleurotus spp. en México*. El colegio de la frontera sur, pp. 225-234.
48. Sánchez, J. & Royse, D. (2002). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Mexico, Editorial Limusa. 294p.
49. Tapia, A. 2002. *El proceso de investigación y transferencia de tecnología en el sector agricultura*. Revista de la Facultad de Economía-BUAP- año VII, Núm 20: 179-183.
50. Tuchán, O. (2004). *Evaluación del efecto de la pulpa de café (Coffea arabica) en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa INIREB-8 de Pleurotus ostreatus utilizando cáscara de cacao (Theobroma cacao) y Bambú (Bambusa vulgaris var. striata) como sustratos*. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Agronomía). 46p.

Anexo 1

Hoja de control de procesos de producción del "cultivo artesanal de hongo de pino"

Localidad: _____ Fecha de Inicio: _____

Lote Producción No: _____

Fase I. Preparación de condiciones de trabajo

	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Materia prima (MP)				
Aserrín de pino				
Viruta de Pino				
Salvado de arroz				
Buenas prácticas de manufactura (BPM)				
Trabajador				
Higiene personal				
Vestimenta				
Lavado de manos				
Cofia				
Mascarilla				
Área de trabajo				
Limpieza exterior				
Limpieza interior				
Limpieza pisos				
Limpieza mesas de trabajo				
Equipo				
Balanza				
Limpieza de Balanza				
Calibración de Balanza				
Accesorios de pesado				
Limpieza de accesorios				
Otros accesorios				

Fase II. Preparación de Sustrato

Pesado

Aserrín de pino (5.0Lb)

Viruta de pino (5.0Lb)

Saldo de arroz (0.5Lb)

Muy bueno Bueno Regular Malo

Homogenización

Pesado Mezcla (4.0Lb)

Empaque Mezcla

Fase III. Proceso de desinfección

Fuente energética

Leña

Gas

Eléctrica

Otro

Muy bueno Bueno Regular Malo

Unidad de desinfección

Nivel de agua

Temperatura de Agua

Tiempo de ebullición

Unidades de sustratos a desinfectar

Inmersión de Unidades de sustratos

Tiempo de desinfección (1Hr)

Se cumple para cada ciclo

Traslado al área de enfriado y escurrimiento

Limpieza del área

Distribución de la Unidad de sustrato

Fase IV. Preparación de Unidades de Producción (Fructificación)

Muy bueno Bueno Regular Malo

Buenas prácticas de manufactura (BPM)

Trabajador

Higiene personal

Vestimenta

Lavado de manos

Cofia

Mascarilla

Área de trabajo

Limpieza interior

Limpieza pisos

Limpieza mesas de trabajo

Equipo

Limpieza de Balanza

Calibración de Balanza

Bolsas de arroba

Calidad del inóculo

Calidad de Unidades de sustrato

Proceso

Manejo del inóculo

Manejo del sustrato

Llenado de bolsa con sustrato

Mezclado del inóculo con el sustrato

Unidad de respiración

Identificación y rotulado

Almacenamiento

Fase V. Proceso de Incubación

	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Área de almacenamiento				
Limpieza paredes				
Limpieza pisos				
Limpieza estanterías				
Iluminación				
Ventilación				
Temperatura				
Humedad				
Manejo de plagas				
Monitoreo				
Llenado de Unidades de producción				

Fase VI. Proceso de fructificación

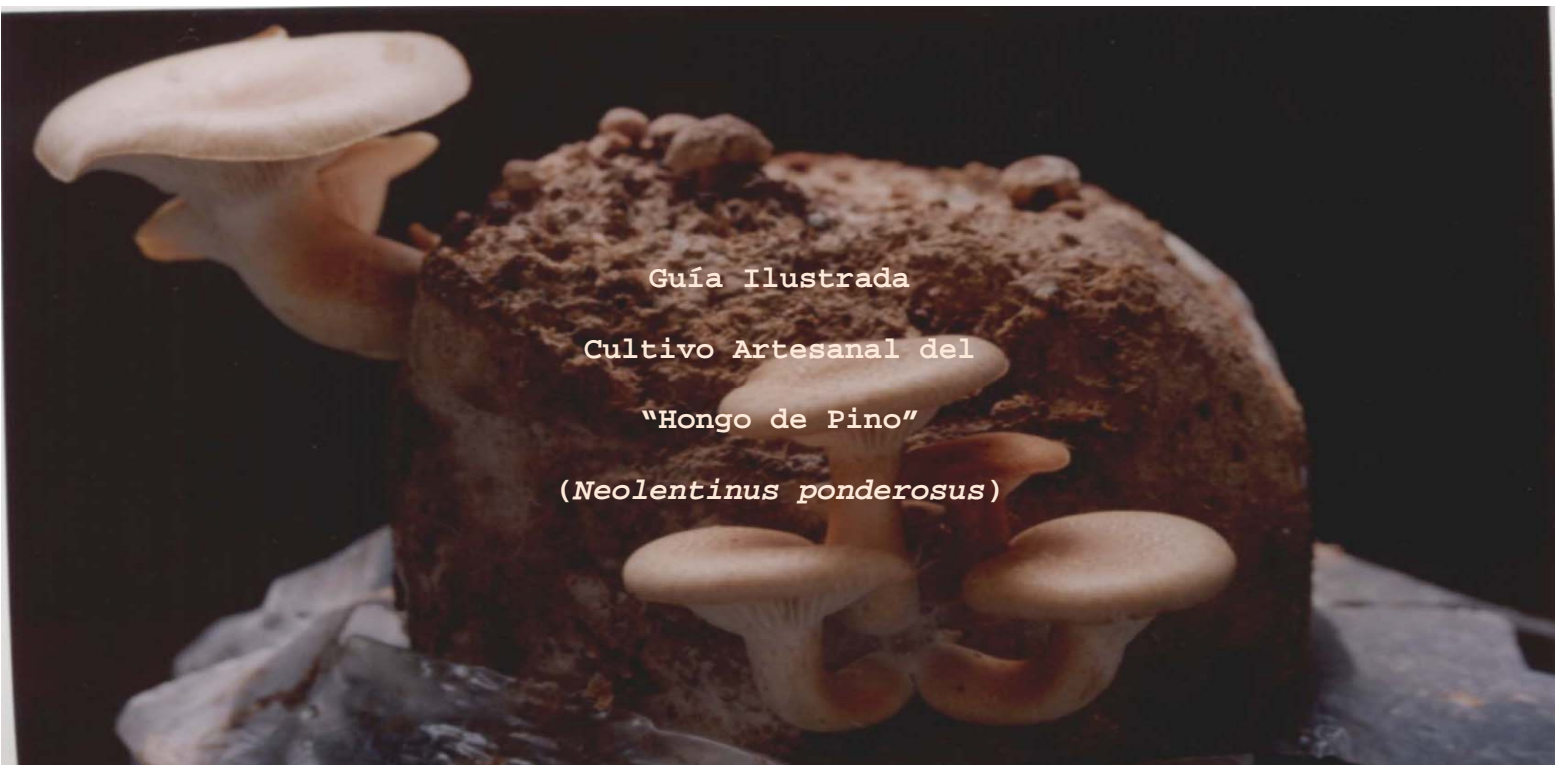
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Buenas prácticas de manufactura (BPM)				
Trabajador				
Higiene personal				
Vestimenta				
Lavado de manos				
Cofia				
Mascarilla				

Área de trabajo				
Limpieza interior				
Limpieza pisos				

Proceso				
Shock térmico				
Iluminación				
Temperatura				
Humedad				
Ventilación				
Riego				
Técnicas de cosecha				
Monitoreo				
Manejo de plagas				

Anexo 2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN -DIGI-
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO
INDUSTRIAL -PUIDI-
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS -IIQB-
UNIDAD DE BIODIVERSIDAD, TECNONOLOGÍA Y APROVECHAMIENTO DE
HONGOS -BioTAH-
TRANSFERENCIA DE TECNONOLOGÍA PARA EL CULTIVO ARTESANAL DEL
"HONGO DE PINO" (*Neolentinus ponderosus*) EN COMUNIDADES
CAMPELINAS DEL ALTIPLANO DE GUATEMALA



Guía Ilustrada
Cultivo Artesanal del
"Hongo de Pino"
(*Neolentinus ponderosus*)

Guatemala, septiembre de 2010

Esta guía ilustrada surge como un texto complementario para las asociaciones comunitarias involucradas en el cultivo de hongos comestibles, con las cuales se trabajó como parte del proyecto "Transferencia de tecnología para el cultivo artesanal del "hongo de pino" (*Neolentinus ponderosus*) en comunidades campesinas del altiplano de Guatemala" cofinanciado por la Dirección General de Investigación -DIGI- y/e Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas -IIQB- y Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos -BioTAH-, Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad San Carlos de Guatemala.

Se incluyen todas las etapas del cultivo, así como las prácticas de limpieza e higiene para la preparación del sustrato. La base para su realización fue el acercamiento y el trabajo realizado en conjunto con las personas de dichas asociaciones a lo largo del presente año, por lo cual se pretende sirva de guía para los futuros cultivadores.

El cultivo de hongos no es tarea fácil, pero con mucho cuidado, higiene y perseverancia se puede llegar a tener buenas cosechas.

Por:

Investigadores

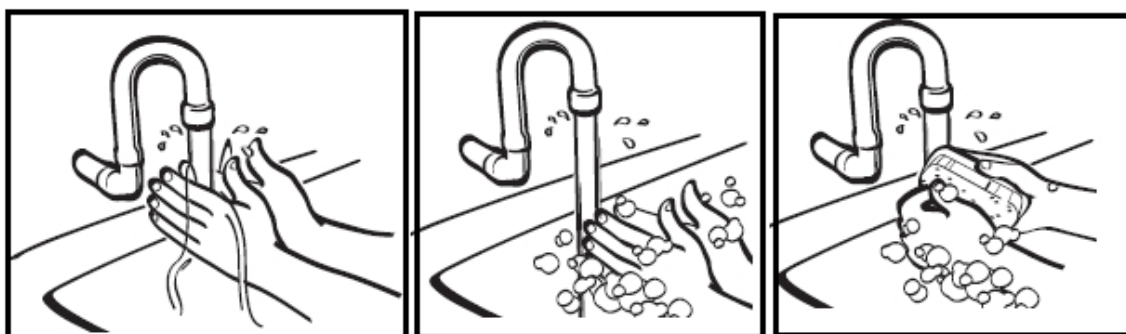
Natalia Gurriarán Quiróz
Roberto Cáceres Staackmann

Coordinadora
María del Carmen Bran González

Guatemala 2010.

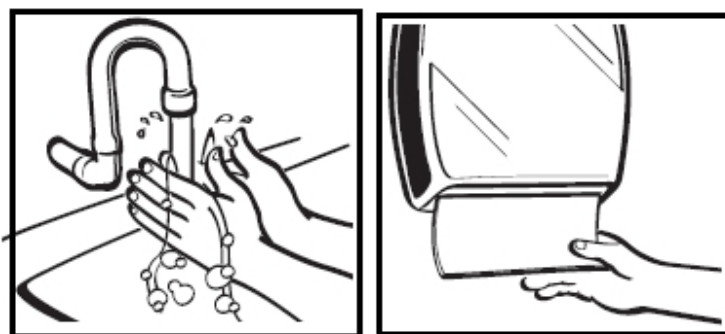
I. LAVARNOS LAS MANOS CORRECTAMENTE

Es muy importante que sepamos cómo lavarnos las manos correctamente, así evitaremos contaminar nuestros cultivos. Para lavar las manos correctamente mójelas y luego utilice jabón y frótelas por medio minuto, recuerde lavar siempre entre los dedos y debajo de las uñas donde los gérmenes les encanta esconderse!



Fuente: National Restaurant Association Educational Foundation.

Para evitar aún más la contaminación de nuestros cultivos es importante que al lavar nuestras manos lo hagamos hasta los codos. Enjuáguese bien y séquelas con una toalla limpia y seca.



Fuente: National Restaurant Association Educational Foundation.

II. LIMPIEZA E HIGIENE EN EL ÁREA DE TRABAJO

Antes de comenzar con los materiales debemos limpiar el área donde vamos a trabajar, se debe barrer y trapear con agua y un desinfectante.



Además debemos limpiar la mesa de trabajo con un trapito seco y luego con algodón y alcohol al 70%.



III. PREPARACIÓN DE LOS SUTRATOS

MATERIALES

Se utiliza aserrín y viruta de pino, los trozos no deben de ser muy grandes y debemos quitar los palitos, estacas y trozos de corteza que puedan romper la bolsa plástica en donde se colocarán.



El aserrín y la viruta sirven al hongo de sustrato en donde crecer y comer, además se agrega cascarilla (salvado) de arroz como suplemento.

SUSTRATOS

Debemos pesar 5 libras de aserrín, 5 libras de viruta y media libra (250 gramos) de cascarilla de arroz, que en total suman aproximadamente 10 libras. Para la medida de estos materiales podemos utilizar recipientes como coladores, cubetas y palanganas, pero no debemos olvidar que su peso también cuenta y se debe sumar en la medida de las 5 libras!!!



Se debe pesar los recipientes que se utilizan para medir los materiales y sumarlos al peso de cada materia prima. Ejemplo:

$$\begin{array}{r} \text{peso del canasto (1 lb)} + \\ \text{peso de la viruta (5 lb)} = \\ \hline \text{Total a pesar} \quad 6 \text{ lb.} \end{array}$$

Una vez pesados los materiales, se colocan sobre la mesa y debemos mezclarlos muy bien. Luego, colocamos una libra y media (1.5 lb) de esta mezcla en costalitos de manta y lo pesamos en la báscula.



Después cerramos cada costalito con un trozo largo de pita.



IV. PASTEURIZACIÓN

Los sustratos se pasteurizan sumergiéndolos en agua hirviendo (a 80 grados Celcius) durante 60 minutos o una hora, esto se realiza para que todos los contaminantes como bacterias e incluso otros hongos que puedan vivir en la madera del aserrín, mueran y no arruinen nuestros cultivos.

PRIMERO

Debemos hacer un fuego ya sea de leña o con una estufa tamalera de gas y utilizaremos como recipiente medio tonel, el cual llenaremos de agua más arriba de la mitad.



SEGUNDO

Tapamos el medio tonel con un nylon o algo que sirva de tapadera y esperamos hasta que el agua comience a hervir, y dejamos que hierva durante diez minutos.



TERCERO

Pasados los 10 minutos, colocar de 5 a 6 costalitos de manta con los sustratos. Con la ayuda de un recipiente plástico o malla metálica, sumergir las bolsas de manta dentro del agua (no se deben ver flotando las bolsas de manta), si es necesario colocar una block o una piedra para mantenerlos sumergidos. Tapar el medio tonel y esperar 1 hora.



CUARTO

Sacar las bolsas de manta del tonel, dejarlas escurrir y enfriar por 12 horas sobre una mesa, estantería o coladores plásticos limpios. Tapar las bolsas con nylon limpio para evitar que se contaminen con polvo o por el paso de insectos y roedores.



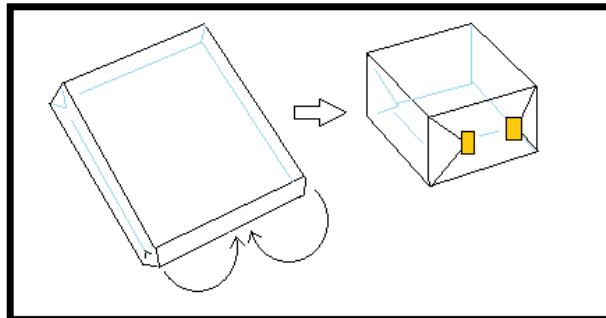
V. SIEMBRA

La siembra se realiza a la mañana siguiente de la pasteurización, los sustratos se dejaron escurrir y enfriar durante toda la noche, ahora están listos para ser sembrados. Debemos recordar que es muy importante volver a limpiar nuestras manos, la mesa y el área de trabajo. Para esta parte del trabajo es necesario que recojamos nuestro cabello y lo cubramos con una redcilla, cofia o un pañuelo limpio. Además utilizaremos una mascarilla para tapar nuestras bocas, así evitaremos que nuestra siembra se contamine.

Para la siembra necesitaremos:

- Los sustratos pasteurizados del día anterior.
- Bolsas plásticas de arroba (25 libras de capacidad) igual número que de sustratos.
- Cinta adhesiva (maskin tape).
- Tijeras.
- Semilla (inóculo).
- Vasitos plásticos.
- Papel de cocina (mayordomo).
- Marcador o lapicero.

Antes de comenzar a sembrar debemos preparar nuestros materiales, sobre la mesa ya limpia y desinfectada; a cada bolsa plástica de arroba le doblaremos las esquinas inferiores hacia afuera y colocaremos un trozo de maskin tape para pegarlos.



Esto se hace para que la bolsa se pueda sostener en la estantería donde los colocaremos.

Además utilizaremos vasos plásticos, necesitamos dos para cada bolsa de sustrato por lo que si hacemos diez paquetes de sustratos, necesitaremos 20 vasos. A cada uno le cortaremos el fondo con ayuda de unas tijeras.

PRIMERO

El sustrato se debe pasar a la bolsa plástica de arroba, para eso los extremos de ambos se deben doblar hacia afuera sin tocar por el lado de adentro, luego a cada uno se le agrega la semilla (o inóculo), en este caso serán 200 gramos.



SEGUNDO

Con ambas manos agitamos la bolsa con el sustrato para que la semilla se mezcle muy bien entre la viruta y el aserrín.

TERCERO

Debemos colocarle una ventanita a nuestro cultivo para que el hongo pueda respirar. Esto lo haremos con los vasitos plásticos a los que les hemos cortado el fondo. Tomamos la boca de la bolsa uniéndola hacia arriba, que acabamos de sembrar y pasamos un vasito, a continuación abrimos el plástico de la bolsa cubriendo el vasito, y sobre él colocamos un cuadro de papel de cocina (o papel mayordomo), luego metemos por encima un segundo vasito, como podemos observar en la siguiente figura:



CUARTO

Debemos colocar una pequeña etiqueta ya sea con maskin tape y escribir en la bolsa del sustrato la fecha en la que lo sembramos y de ser posible el número de lote, así sabremos en qué fechas más o menos deberán estar listos para fructificar.



Una vez etiquetados nuestros sustratos están listos para ser incubados!

VI. INCUBACIÓN

MÓDULOS

Nuestros módulos de incubación deben ser cuartos que puedan ser fácilmente lavados (como piso de cemento) y que podamos sellar con plástico para evitar la entrada de luz.

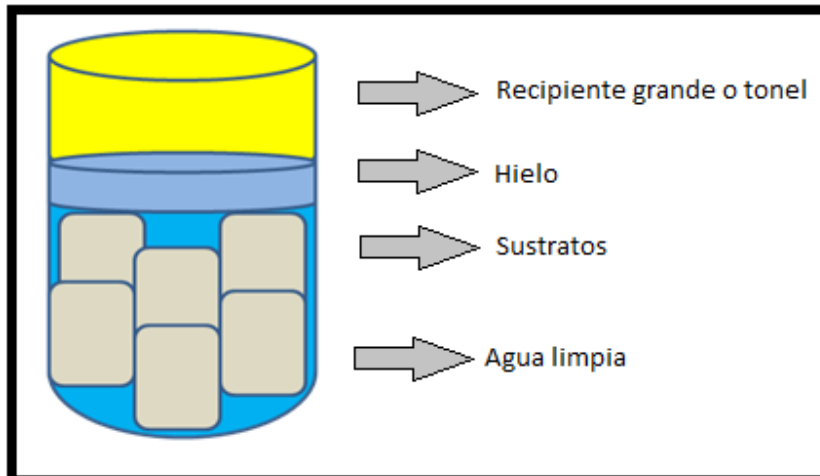
Dentro del módulo colocamos estanterías ya sean metálicas o hechas de madera o bambú (si es madera o bambú debemos pintarlas totalmente con agua y cal).



Los sustratos se incuban a temperatura ambiente y en condiciones de oscuridad, durante aproximadamente 45 días o hasta que el micelio colonice totalmente el sustrato. Esto lo sabremos cuando el sustrato se cubra totalmente de blanco.

VII. FRUCTIFICACIÓN

Cumplido el tiempo de incubación hay que estimular la fructificación de los hongos, para esto se llena un recipiente con agua limpia y se agrega bastante hielo, hasta que el agua tenga una temperatura de 8 a 10°C, seguidamente colocamos los sustratos dentro del recipiente por aproximadamente 12 horas. Los sustratos deben estar sumergidos.



Pasada las 12 horas se llevan los sustratos al cuarto de fructificación donde se retira la bolsa plástica y riegan de 3 a 4 veces al día, con agua limpia.

El módulo o cuarto de fructificación es un cuarto el cual debe tener ventanas para la aireación, aunque debemos tomar en cuenta que debemos colocar tela de mosquitero o malla para evitar que entren los insectos o roedores como ratones. Debe tener fácil acceso al agua como un chorro o una manguera y debe entrar la luz con facilidad. Tomemos en cuenta que el módulo debe tener un desagüe por donde se elimine el agua acumulada.

A los 5 a 10 días se tendrá el hongo completamente maduro y listo para cosechar. Para cosechar los hongos se cortan con ayuda de un cuchillo o tijera (limpios), desde la base del pie. Se deben colocar en un recipiente limpio y terminado el corte llevarlos al cuarto de empaque, para que se agrupen por tamaños.



VIII. EMPAQUE DE LOS HONGOS

HONGOS FRESCOS

Si los hongos se quieren comercializar en fresco hay que colocarlos sobre bandejas plásticas y pesar 12 onzas, luego empaquetar y refrigerar.



HONGOS SECOS

Si los hongos se quieren comercializar en seco, se ponen sobre una bandeja que tenga malla de acero inoxidable, ya sea enteros o partidos por la mitad, luego los colocamos en la desecadora durante 12 horas o hasta que estén quebradizos, manteniendo una temperatura de 60°C. Se dejan enfriar a temperatura ambiente, protegiéndolos de los insectos y luego los empacamos herméticamente en recipientes plásticos o de vidrio.

A los hongos ya empacados les colocamos su etiqueta y los almacenamos a temperatura ambiente, en un lugar seco y protegido de la luz.



Bibliografía

1. Bran, M. et al., 2007. Caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas de *N. ponderosus* y *N. lepideus*. Informe Técnico Final. Dirección General de Investigación. USAC.49p.
2. Chang S., Miles, P. 2004. Mushrooms, cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. 2a. Ed. USA: CRC Press.441p.
3. Crueger, W., Crueger, A. 1984. Biotechnology. A text book of industrial microbiology. USA: Sunderland & Sinauer Associates. 308p.
4. Deschamps J. 2003. Producción y comercialización de hongos comestibles. Argentina: Orientación Gráfica Editora S.R.L. 210p.
5. Gaitán-Hernández R. 2000. Obtención de cepas de *Neolentinus suffrutescens* por entrecruzamiento, su caracterización *in vitro* y producción de cuerpos fructíferos a nivel de planta piloto. Rev. Iberoam. Micol.17:20-24.
6. Palacios, A. 2000. Evaluación de un filtro de fibra sintética para el intercambio de gases en el desarrollo de *Neolentinus lepideus* (Fr.: Fr.) Fr. en viruta de *Pinus* spp pasteurizada, en condiciones rústicas. En: Memorias del VII Congreso Nacional de Micología. Querétaro, México, p54-55.
7. Stamets, P. 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press & Mycomedia. Olympia, WA, USA. 554p. p90, 113.