

# MANUAL PRÁCTICO DEL CULTIVO DE SETAS

Aislamiento, siembra y producción



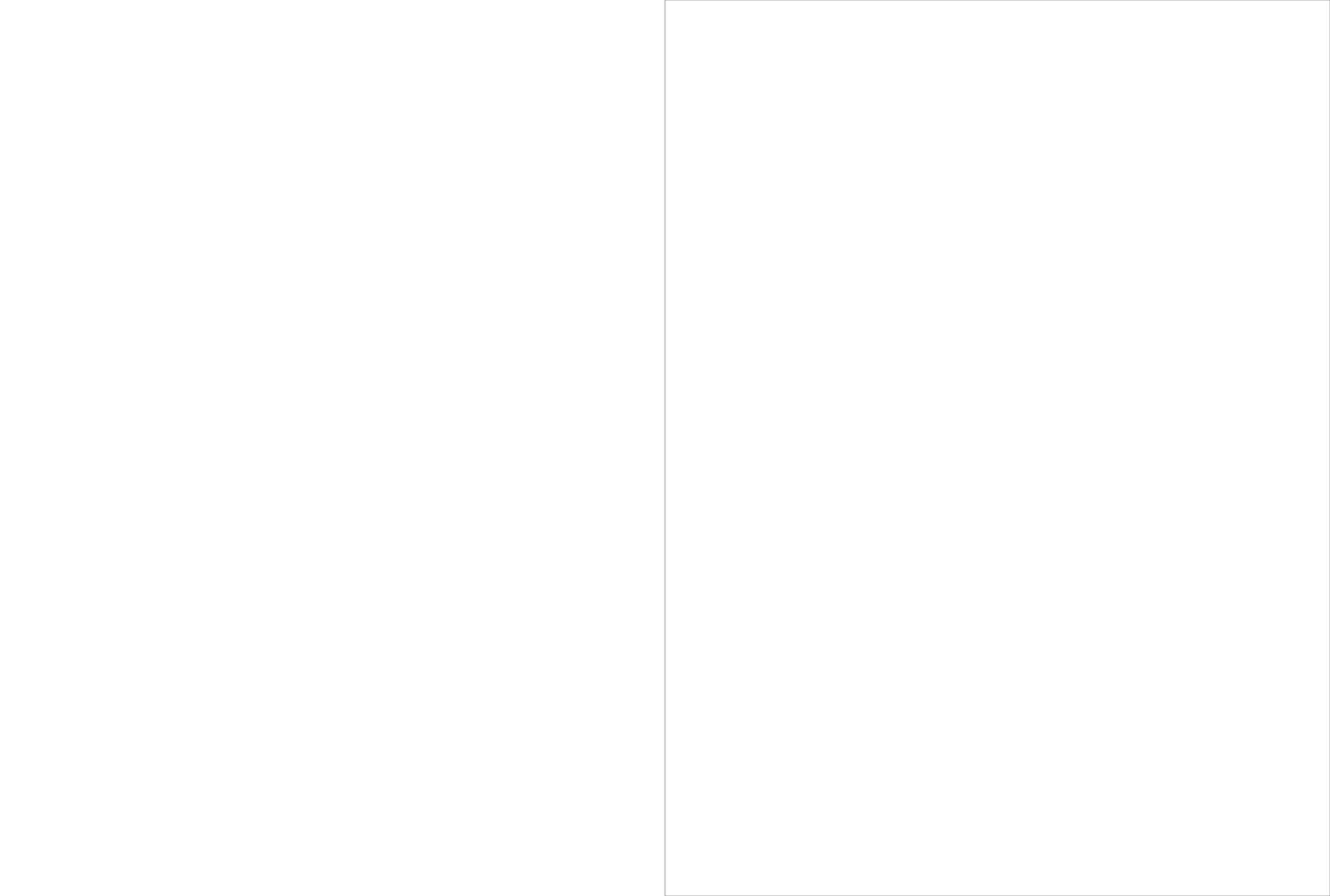
Rigoberto Gaitán-Hernández

Dulce Salmones

Rosalía Pérez Merlo

Gerardo Mata





MANUAL PRÁCTICO  
DEL  
CULTIVO DE SETAS  
Aislamiento, siembra y producción



INSTITUTO DE  
ECOLOGIA, A.C.

# MANUAL PRÁCTICO DEL CULTIVO DE SETAS

Aislamiento, siembra y producción



Rigoberto Gaitán-Hernández  
Dulce Salmones      Rosalía Pérez Merlo  
Gerardo Mata

Instituto de Ecología A.C.

Xalapa, Veracruz, México  
2006



Primera edición, 2002  
Primera reimpresión, 2004

D.R. © por Instituto de Ecología, A.C.  
Km 2.5 carretera antigua a Coatepec No. 351  
Congregación El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México

ISBN 968-7863-95-1, primera edición  
ISBN 970-709-042-1, primera reimpresión  
ISBN 970-709-042-1, segunda reimpresión

Título: Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción  
Autores: Rigoberto Gaitán-Hernández, Dulce Salmones, Rosalía Pérez Merlo y Gerardo Mata  
Impreso en México ~ *Printed in Mexico*

Forma sugerida para citar este libro:  
Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, R. Pérez Merlo y G. Mata, 2006. *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*, 1era. ed., 2a. reimp. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver., México, 56 pp.

Coordinación editorial: Liliana Sánchez Vallejos  
Fotografías de portada y contraportada: *Pleurotus pulmonarius* y *Pleurotus columbinus*, respectivamente, Rigoberto Gaitán-Hernández  
Diseño editorial: Juan Arturo Piña Martínez  
Revisión de estilo: Ana Villada Martínez

D.R. © Ninguna parte de esta publicación, incluyendo el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, traducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del editor. Párrafos pequeños o figuras aisladas pueden reproducirse, dentro de lo estipulado en la Ley Federal del Derecho de Autor y el Convenio de Berna, o previa autorización por escrito de la editorial.

## Autores

Rigoberto Gaitán-Hernández  
rigoberto.gaitan@inecol.edu.mx

Dulce Salmones  
dulce.salmones@inecol.edu.mx

Rosalía Pérez Merlo  
rosalia.perez@inecol.edu.mx

Gerardo Mata  
gerardo.mata@inecol.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C.  
Apartado Postal 63  
Xalapa, Veracruz, 91000  
México  
Tel y Fax (228) 8 42 18 30

## AGRADECIMIENTOS Y CRÉDITOS

A la L.D.G. Liliana Sánchez Vallejos y al L.A.P. Juan Arturo Piña Martínez del Departamento de Publicaciones del Instituto de Ecología, A.C. de Xalapa, quienes entusiastamente brindaron su valiosa colaboración en la edición del presente manual.

Todas las fotografías presentadas en esta publicación son del Dr. Rigoberto Gaitán-Hernández, excepto las figuras: 8, 9, 10, 11, 23 y 35, que pertenecen al Dr. Gerardo Mata y la fotografía de la portadilla del recetario, impresión de Verburg Champignons de Alemania.

## Contenido

xi	Presentación
1	Introducción
3	Características generales de las setas
7	Aislamiento y mantenimiento de cepas
7	Medios de cultivo
9	Obtención de cepas
10	Mantenimiento y/o preservación de cepas
15	Elaboración de inóculo
19	Selección de substratos
23	Siembra y producción de las setas
23	Siembra
24	Incubación
24	Producción
31	Instalación de una planta productora comercial
37	Contaminantes, plagas y enfermedades
41	Consumo o comercialización del hongo
43	Estimación de la productividad del hongo
45	Recetario
53	Bibliografía recomendada
55	Glosario



## Presentación

Constituye, para el que esto escribe, un honor y al mismo tiempo un placer presentar este libro, debido a que los autores, discípulos míos y especialistas en el cultivo de los hongos comestibles, se han esmerado en sus estudios y han cumplido con ello la regla básica de las relaciones profesor-alumno: el estudiante debe superar al maestro. Así es y así será. Ya desde 1990 y 1993 compartí primero con Salmones y después con Mata, Salmones, Soto-Velázco y Guzmán-Dávalos la coautoría, publicando las primeras recapitulaciones en México sobre cómo cultivar hongos comestibles, obras que por su importancia y proyección se agotaron rápidamente. Después de más de 10 años, la falta de publicaciones, demanda e interés en el tema, no tan solo en México sino en toda América Latina, obligó a Gaitán-Hernández, Salmones, Pérez-Merlo y Mata a preparar el *Manual Práctico del Cultivo de Setas* en el 2002; esa primera edición, debido a su excelente impresión, bajo costo y lo práctica que era, se agotó rápidamente. Ahora tiene usted en sus manos la segunda reimpresión. Felicitamos a las autoridades del Instituto de Ecología, A.C. de Xalapa, por haber tomado la iniciativa en la difusión de tan valiosa obra.

Este Manual, como su nombre lo indica, está escrito de una manera sencilla y práctica y ofrece técnicas bien desarrolladas, ilustradas con imágenes de excelente calidad, por lo que la obra constituye el ABC de todo aquel que desee cultivar hongos comestibles en nuestro medio latinoamericano.

Los temas del libro son los obligados para una obra técnica de esta naturaleza: características generales de un hongo, aislamiento y mantenimiento de cepas, elaboración del inóculo, selección de substratos idóneos, siembra del substrato, incubación, producción, instalación y mantenimiento de una planta productora y problemas que se presentan a lo largo de todo el proceso. Así, nos conduce desde la selección de la cepa hasta su cosecha y presentación en el mercado. Termina con un glosario de mucha utilidad para el lector, no sin antes presentar varias recetas para cocinar los hongos que se cultivarán. Cabe recalcar la importancia que representa la identificación de las especies de hongos para cultivar, pues a lo largo del tiempo he observado y corroborado que ese conocimiento juega un papel fundamental en el proceso del cultivo. Es un hecho que no podremos manejar o cultivar un hongo si desconocemos a qué especie pertenece, así, al conocer bien una especie seremos capaces de manejarla y dominarla mejor. Por ello, y por todos los conocimientos que podremos adquirir con la consulta del *Manual Práctico del Cultivo de Setas*, no dudo del éxito que tendrá esta nueva reimpresión.

Dr. Gastón Guzmán

Investigador nacional de excelencia

Investigador emérito del Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, Veracruz, México

correo electrónico: guzmang@ecologia.edu.mx



## Introducción

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

El término «setas» es aplicado en México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus* y afines), pero estos hongos también son conocidos popularmente como orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate y orejas de izote. México es pionero en el cultivo de setas en América Latina ya que dicha actividad inició en los años 70, desde entonces el interés por su propagación y consumo ha ido en aumento. Debido a la relativa facilidad del cultivo de las setas, en la última década los niveles de producción aumentaron alrededor de 400 por ciento. Actualmente México produce cerca de 4 mil toneladas de setas anualmente, lo cual equivale aproximadamente al 60 por ciento de la producción total de América Latina.

Debido a la consistencia de las setas, con frecuencia se les denomina como «carne vegetal», dicho apelativo denota una característica muy importante de estos hongos, ya que pueden adecuarse con facilidad a diferentes preparaciones culinarias y su valor nutritivo comparado con otros alimentos es aceptable. Estas características hacen de las setas un complemento alimenticio de gran valor.

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

El presente manual tiene la finalidad de dar a conocer de manera sencilla y práctica el proceso de cultivo de las setas, haciendo énfasis en las dificultades que se presentan en las distintas etapas del mismo, ofreciendo algunas alternativas para resolverlas. Se pretende, además de introducir a las personas interesadas en las técnicas generales de cultivo, fomentar el consumo de estos hongos, que ya son parte de la enorme tradición culinaria de México, dadas sus propiedades nutricionales y delicado sabor.



## Características generales de las setas

Las setas son hongos que se desarrollan principalmente sobre troncos en descomposición u otros substratos vegetales. Cada hongo está formado por una serie de finos filamentos llamados hifas, que en conjunto forman lo que se denomina micelio. En la naturaleza y bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, este micelio extendido sobre un substrato adecuado, se transforma en pequeños grumos que van aumentando de tamaño hasta formar la típica seta. El hongo formado con su sombrero y su pie, tiene la función de producir las estructuras de reproducción llamadas esporas cuya misión es perpetuar la especie. Estas esporas se forman en la cara inferior del sombrero, en unas laminillas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta el borde del sombrero. Un hongo o cuerpo fructífero representa para el micelio lo que un fruto para un árbol.

Los hongos en general son conocidos por su forma de paraguas, con un sombrero más o menos circular y un eje o pie que lo sostiene, pero para el caso de las setas este pie es más lateral que céntrico, por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja, de hecho a este hongo técnicamente se le llama *Pleurotus*, término que deriva del griego pleurá o pleurón, costado o lado y del latín otus, oreja (Fig. 1).

Las setas se alimentan de la materia orgánica en la que están creciendo, degradando las sustancias con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, por ello es importante el suministrar un substrato adecuado al hongo cuando se le intente cultivar para que los nutrientes puedan ser aprovechados por las hifas del micelio. Para que la seta se desarrolle adecuadamente se requiere de una temperatura y

humedad adecuadas, así como aire que aporte oxígeno y cierta cantidad de luz. Con estos factores se deducen las necesidades que tiene que satisfacer el cultivo del hongo seta. El conocer el desarrollo de un hongo en la naturaleza y entender su ciclo de vida (Fig. 2), nos dará el conocimiento para poder manipularlo y producirlo en condiciones artificiales de cultivo.

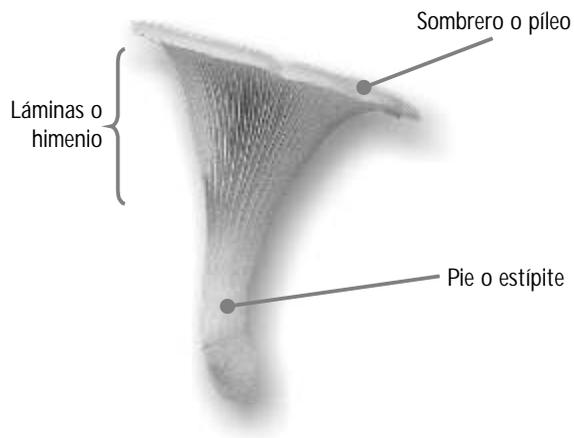


Fig. 1 Hongo seta con sus partes principales

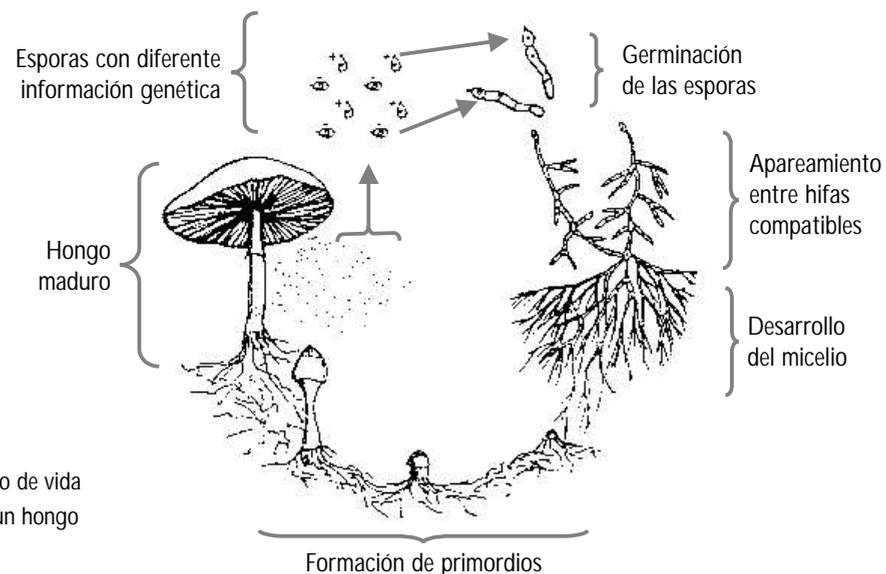


Fig. 2 Ciclo de vida de un hongo

Actualmente el hongo seta se ha considerado un complemento alimenticio de un aceptable valor nutricional, ya que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que debe ser incluido en la dieta diaria. Este hongo es rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales, además de que posee un bajo contenido de grasas. Presenta entre el 57 y 61 por ciento de carbohidratos en base a su peso seco, 26 por ciento de proteína y un contenido de fibra del 11.9 por ciento. Contiene vitaminas como la niacina, tiamina (vitamina B1), vitamina B12 y la vitamina C o ácido ascórbico. Además se le han detectado minerales como el potasio, fósforo, calcio, entre otros. Su contenido de grasas es de 0.9 a 1.8 por ciento con base en su peso seco y su valor nutricional en relación con otros alimentos se puede observar en la figura 3.

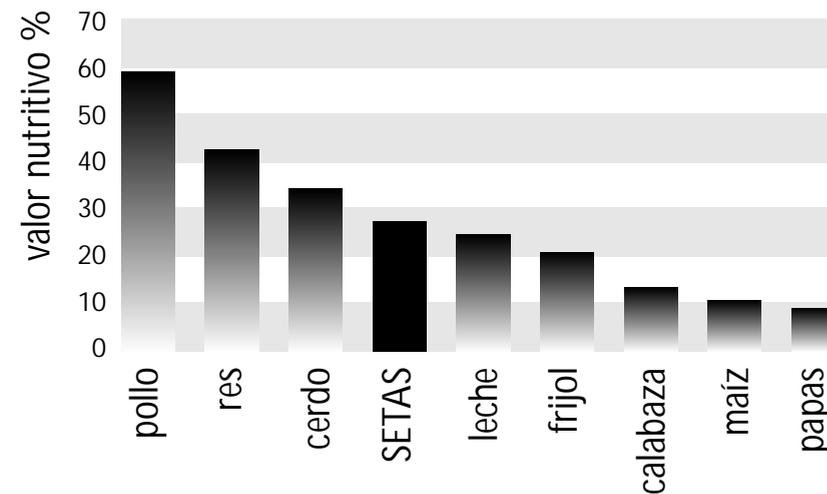


Fig. 3 Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos.



## Aislamiento y mantenimiento de cepas

### I. Medios de cultivo

Para el desarrollo del micelio de los hongos en el laboratorio, se emplean medios de cultivo sólidos que le proporcionan al hongo los nutrimentos necesarios para su desarrollo. Los medios de cultivo son generalmente vendidos por casas comerciales en diferentes presentaciones, como el caso del agar con extracto de malta y el agar con papa y dextrosa, sin embargo es posible prepararlos.

A continuación, se mencionan algunos métodos sencillos de preparación de los más frecuentes medios de cultivo utilizados en preservación de cepas de *Pleurotus*. Se recomienda tener lo siguiente:

#### *Material:*

Báscula granataria	Papel aluminio
Agua destilada o purificada	Olla de presión o autoclave
Matraz Erlen Meyer	Cajas de Petri
Mecheros	

#### Agar con extracto de malta

##### *Ingredientes:*

Extracto de Malta	10 g
Agar-Agar	15 g

*Procedimiento:* Se pesan los ingredientes y se mezclan en el matraz con 1000 ml de agua destilada. La suspensión se calienta y agita hasta que queden totalmente disueltos los ingredientes.

### Agar con dextrosa y papa

#### Ingredientes:

Papa	200 g	Agar-Agar	15 g
Dextrosa o Glucosa	20 g	Levadura	2 g

*Procedimiento:* Pelar y poner a hervir la papa en 500 ml de agua destilada o purificada durante 10-15 min. El extracto se filtra y se adiciona más agua hasta ajustar 1000 ml para reponer lo que se evaporó. Se agrega los otros ingredientes y se calienta a fuego lento moviendo constantemente durante 1-2 min hasta que queden totalmente disueltos.

### Agar con extracto de trigo, paja y malta

#### Ingredientes:

Semillas de trigo	400 g	Extracto de malta	10 g
Paja de trigo	100 g	Agar-Agar	15 g
Dextrosa	10 g		

*Procedimiento:* Hervir el trigo en un litro de agua, dejando consumir el líquido hasta aproximadamente 500 ml, esto mismo se hace con la paja. Se filtran ambos extractos y se mezclan en un recipiente, se agrega los demás ingredientes y se le adiciona agua hasta ajustar un litro, esta suspensión se calienta hasta disolver todos los ingredientes.

Una vez que cualquiera de los medios anteriores es diluido, el matraz se tapa con papel aluminio y se esteriliza a 15 lb de presión por 15 min en ollas de presión o autoclaves (Figs. 4 y 5). En condiciones de asepsia (en cámara de flujo laminar o con ayuda de mecheros) (Fig. 6), el medio de cultivo tibio se vierte a cajas de Petri estériles de vidrio o desechables y se deja solidificar.

## II. Obtención de cepas

Al micelio de un hongo (forma algodonosa) que se desarrolla sobre un medio de cultivo nutritivo se le llama cepa (Fig. 7). Su aislamiento se puede realizar por medio de tejido (fragmento del hongo) o por medio de esporas, requiriendo lo siguiente:

#### Material:

Bisturí o navaja	Papel filtro o papel bond estéril
Pinzas de disección	Cámara de flujo laminar o mecheros
Agujas de disección	Alcohol o benzal como desinfectantes
Pipetas	Cajas de Petri con medio de cultivo
Vasos de precipitado	

### a) Aislamiento por medio de tejido

Este tipo de aislamiento es una de las formas más simples de obtener una cepa y el resultado es una copia idéntica del hongo del cual se ha obtenido el tejido.

En un ambiente de absoluta asepsia, incluyendo los materiales previamente esterilizados, se coloca el hongo, el cual deberá estar en buen estado y libre de tierra y/o insectos. El hongo se corta longitudinalmente con una navaja; con la ayuda de unas pinzas estériles y frías, se toman fragmentos del micelio o carne del hongo y se colocan en cajas de Petri con medio de cultivo (Figs. 8 y 9). Las cajas con los aislamientos se incuban entre 25-28°C, de preferencia en la obscuridad o penumbra; 2 ó 3 días después, se observará crecimiento micelial en forma algodonosa sobre la superficie del medio. El color será blanco o blanco amarillento, lo que indicará que el aislamiento se realizó correctamente. Se deben seleccionar los cultivos con mejor apariencia y transferirse a nuevas cajas con medio de cultivo.

#### b) Aislamiento por medio de esporas

Para llevar a cabo este aislamiento, se deberá contar con una esporada del hongo. La esporada se obtiene colocando el sombrero del hongo con las láminas hacia abajo sobre papel estéril por un tiempo de 6 a 8 hrs. Para evitar contaminación y favorecer un ambiente húmedo para que la descarga de esporas se realice adecuadamente, el hongo y el papel se tapan con un recipiente limpio y también estéril (Fig. 10). Transcurrido el tiempo, se retira el hongo del papel, quedando éste impreso con las esporas en forma de una huella radial, de preferencia se seca en una incubadora durante 24 hrs. a 28-30°C. Una vez obtenida la esporada sobre el papel, con una navaja o tijeras estériles se corta un pequeño fragmento de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>, que se sumerge en 100 ml de agua destilada estéril fría, agitándose para que las esporas se disuelvan en el líquido. De esta dilución, con ayuda de una pipeta, se toman 0.5 ml y se colocan en cajas de Petri con medio de cultivo. La caja se mueve ligeramente para distribuir homogéneamente el agua con las esporas en todo el medio (Fig. 11). Las cajas se incuban en las mismas condiciones mencionadas para el aislamiento por tejido y 5 u 8 días después, se observará el desarrollo del micelio algodonoso. Todo este proceso se debe realizar en condiciones de esterilidad absoluta.

Para evitar la contaminación por bacterias y hongos, a los medios de cultivo esterilizados para ambos tipos de aislamiento, antes de su solidificación, se les puede aplicar 100 mg/L de gentamicina, estreptomycin o penicilina y 100 ppm (0.1 por ciento) de benlate (benomyl).

### III. Mantenimiento y/o preservación de cepas

Para retardar el envejecimiento, la viabilidad y la pérdida de las características propias de las cepas, es necesario preservarlas

adecuadamente. Para ello, las cepas se deben transferir periódicamente a nuevas cajas de Petri con medio de cultivo nutritivo. La resiembra o transferencia se realiza tomando con una aguja de disección estéril un fragmento del micelio del hongo y se coloca sobre el medio de cultivo de la nueva caja de Petri. Se incuba de 25-28°C y una vez que el micelio cubre toda la superficie del agar (10 a 15 días), las cajas se pueden mantener en refrigeración a 5°C. El tiempo entre cada transferencia es de 3 a 6 meses, dependiendo de la cepa y cuidados en almacenarla.

De igual manera, las esporadas que se hayan obtenido, se pueden preservar en bolsas de polietileno con material deshidratante, como silicagel (gel de sílice), para favorecer que la esporada se mantenga seca. También se pueden almacenar en pequeños frascos con tapa de rosca a 5°C.

Uno de los mejores métodos de almacenamiento de cepas es en nitrógeno líquido. La conservación es a largo plazo ya que la actividad del micelio es completamente detenida a -196 °C. Aquí las cepas pueden permanecer viables por muchos años sin necesidad de hacer resiembras periódicas, manteniendo sus características originales de forma, color y rendimientos en la producción. La desventaja de este sistema es que debido a su alto costo y a la delicada técnica para almacenar las cepas, sólo es utilizado en instituciones de investigación (Fig. 12).

#### *Recomendaciones*

Cuando se colecta un hongo en el campo y no se tiene la certeza de que éste sea comestible, se recomienda preguntar a un especialista sobre su comestibilidad.

Debe realizarse correctamente la esterilización tanto de los medios de cultivo como del material que se utiliza para la obtención de

las cepas ya que de no tener cuidado en ello se podrían presentar problemas de contaminación.

Al realizar el aislamiento de una cepa por medio de tejido, sobre todo de hongos silvestres, es recomendable que antes de colocar el fragmento en medio de cultivo, sea lavado con una solución de hipoclorito de sodio (cloro) al 5 por ciento.

Las técnicas de preparación de medios, aislamiento y mantenimiento de cepas requieren de una asepsia absoluta, por lo que se debe de hacer limpieza continua de utensilios y áreas de trabajo con alcohol al 70 por ciento e hipoclorito al 10 por ciento. Para el primero, mezcle 700 ml de alcohol etílico (alcohol comercial de 96 °) con 300 ml de agua destilada o purificada, y para el segundo, mezcle 100 ml de cloro de uso casero con 900 ml de agua.



Fig. 4. Olla de presión para esterilización.



Fig. 5. Autoclaves eléctricas de esterilización.



Fig. 6. Área estéril con cámaras de flujo laminar recomendables para trabajar en condiciones de asepsia.



Fig. 7. Hongo en un medio de cultivo artificial. técnicamente se le denomina cepa.



Fig. 8. Aislamiento de una cepa por medio de tejido en condiciones de esterilidad.



## Elaboración de inóculo

La preparación de inóculo o semilla constituye la base para el cultivo comercial de las setas, y se refiere a la propagación o desarrollo masivo del hongo en granos de gramíneas, principalmente sorgo o trigo.

### Material:

Semillas de gramíneas	Bolsas de polipapel 18x25 cm
Mecheros o cámara de flujo laminar	Alcohol al 70 por ciento
Agujas de disección	Bisturí o navaja
Olla de presión o autoclave	

La elaboración de inóculo se realiza en dos etapas:

Inóculo primario.- es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa crecida en medio de cultivo.

Inóculo secundario.- es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el substrato elegido para la producción de hongos.

La elección de los granos o semillas para la producción de inóculo dependerá de su disponibilidad, bajo costo y calidad. Se pueden emplear semillas de sorgo, trigo, centeno, cebada, avena, mijo y arroz, entre otros.

La semilla previamente se limpia, lava e hidrata por inmersión en agua de 8-12 hrs. Transcurrido el tiempo de hidratación, los granos se enjuagan y se escurre el exceso de agua con la ayuda de un cernidor, pasando un lienzo seco sobre la semilla hasta que al momento de tomar una porción con la mano ésta no quede húmeda. La cantidad de agua



Fig. 9. Forma de colocar el fragmento de tejido en medio de cultivo.

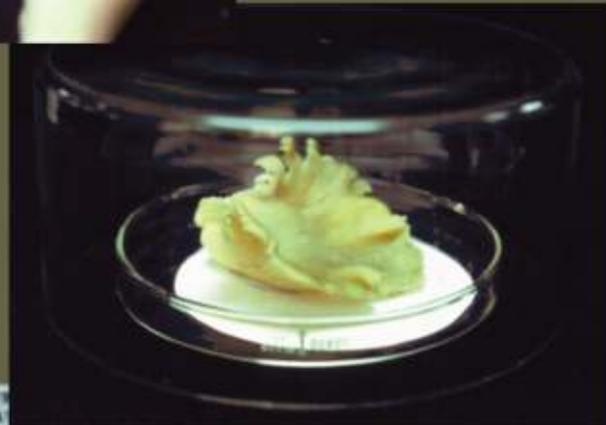


Fig. 10. Manera de obtener una esporada.



Fig. 11. Dilución a partir de un fragmento de papel con esporas.



Fig. 12. Contenedor con nitrógeno líquido para conservar las cepas a -196 °C.

que absorbe la semilla es de aproximadamente 25-30 por ciento. Una vez controlado el contenido de humedad en el grano, se coloca 300 g en bolsas de polipapel, después se esterilizan en olla de presión o autoclave, a 15 lb durante 50-60 min. Las bolsas esterilizadas se enfrían en una área aislada y limpia, de preferencia en una superficie desinfectada. Las muestras así preparadas, servirán para hacer el inóculo primario y el secundario.

El inóculo primario como se mencionó anteriormente, se elabora a partir del micelio desarrollado en medio de cultivo, éste se corta con una navaja o bisturí flameado o desinfectado con alcohol, en fragmentos de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> y con una aguja de disección se toma uno de éstos y se coloca sobre la semilla, se le deja un poco de aire a la bolsa y se le hace un pequeño nudo en la parte superior (Fig. 13). Se incuba de 25-28°C en obscuridad hasta que el micelio cubra totalmente la semilla; 15 ó 20 días después, el inóculo primario estará listo y podrá ser utilizado para elaborar el inóculo secundario.

El inóculo secundario se realiza vaciando un poco de inóculo primario a nuevas bolsas con semilla estéril, se agita homogéneamente y se incuban en las mismas condiciones mencionadas para el inóculo primario (Figs. 14, 15 y 16). El inóculo secundario es el que se usa para la siembra y fructificación de las setas (Fig. 17). Si el inóculo no se emplea inmediatamente puede ser almacenado de preferencia en obscuridad y refrigeración a 5°C hasta por tres meses, aunque lo recomendable es utilizarlo a la semana de estar en refrigeración.

#### *Recomendaciones*

Para evitar problemas de contaminación por bacterias u hongos en nuestra semilla, se debe controlar el contenido de humedad del grano, tomar en cuenta que la temperatura y el tiempo de esterilización

sean los indicados, y cuidar la asepsia y limpieza de los utensilios empleados en la inoculación. Es recomendable aplicar a la semilla (antes de la esterilización) 3.5 g de carbonato de calcio (cal) por cada Kg de semilla, para disminuir la acidez y para que los granos no se peguen.

Para la preparación del inóculo primario y secundario se pueden utilizar otros recipientes, como frascos de vidrio con tapa de rosca o de plástico resistentes a la esterilización. El utilizar bolsas es más recomendable, dado que son baratas, resistentes al calor y la semilla se puede manipular mejor.

Es importante verificar que los granos no hayan sido tratados químicamente (plaguicida y/o fungicida). El inóculo almacenado más tiempo del recomendado puede ser utilizado si no presenta contaminación y/o perforación de la bolsa, pero la invasión sobre el substrato será más lenta, retrasando la aparición de fructificaciones y disminuyendo la producción.



## Selección de sustratos

Los hongos del género *Pleurotus*, toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen. Tienen la capacidad de degradar celulosa y lignina presentes en diversos esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, pulpa de café), y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas).

Para seleccionar el sustrato, es indispensable conocer la disponibilidad y abundancia del mismo en la región en donde se piensa cultivar el hongo seta. Es importante tomar en cuenta, buen precio de adquisición y que sea fácil de transportar.

Algunos de los sustratos más utilizados para el cultivo de estos hongos son las pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz y sorgo, y en menor cantidad la pulpa de café y algunos bagazos como los de caña de azúcar y de maguey tequilero, entre otros. Algunas veces, es recomendable hacer una combinación de sustratos en diferente proporción, para incrementar la producción de hongos.

### Tratamiento de los sustratos

Para utilizar los sustratos en el cultivo del hongo seta, es necesario someterlos a un tratamiento previo, que consiste básicamente en aplicarles calor para disminuir la flora microbiana nociva que está presente en ellos y de esta manera evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio de *Pleurotus*.

Existen algunos sustratos a los que es recomendable aplicarles una fermentación aerobia, para proporcionarles una microflora capaz de



Fig. 13. Producción de inóculo primario en sorgo estéril y bolsas de polipapel. Notese el fragmento de agar con micelio del hongo.



Fig. 14. Producción de inóculo secundario a partir del inóculo primario.



Fig. 15. Sellado se la bolsa de inóculo secundario lista para la incubación.



Fig. 16. Condiciones de incubación del inóculo primario y secundario.



Fig. 17. Inóculo secundario invadido por micelio del hongo, listo para ser sembrado.

proteger al micelio del hongo seta de otros microorganismos competidores; entre estos sustratos están la pulpa de café y los bagazos de maguey tequilero y de caña de azúcar, que deben ser utilizados preferentemente frescos, evitando aquellos que hayan tenido previamente un proceso fermentativo por almacenamiento.

El tiempo de fermentación depende del sustrato, por ejemplo, para los bagazos se recomiendan de 8-10 días, mientras que la pulpa de café, de 3-5 días. Para realizar una fermentación homogénea, es necesario colocar el sustrato en forma piramidal, humedeciendo con agua y tapándolo con un plástico para mantener el calor y la humedad. Dicho sustrato debe voltearse cada 3 días para favorecer la aireación y el proceso de fermentación.

Los materiales que no requieren de fermentación, deberán mantenerse deshidratados y libres de plagas y enfermedades.

La Pasteurización es la técnica común de tratamiento del sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, y su propósito es preparar a dicho sustrato para un eficaz desarrollo del hongo. Este método se puede aplicar de dos formas distintas:

a) Pasteurización con vapor. Consiste en colocar el sustrato en una área cerrada, ésta puede ser un pequeño cuarto de concreto o un recipiente metálico, se le aplica vapor generado por una caldera eléctrica, de diesel o gasolina, por medio de tubos de cobre o mangueras resistentes al calor. Se recomienda que la temperatura alcance entre de 70-80°C y que el sustrato se mantenga de 2 a 4 hrs. en esa condición (Fig. 18).

b) Pasteurización por inmersión en agua caliente. El sustrato se sumerge en agua caliente (75-80°C) durante 1 hr. (Fig. 19).

Una vez llevada a cabo una buena pasteurización del sustrato, éste estará listo para ser sembrado con la semilla o inóculo previamente preparado.

### Recomendaciones

Si se utilizan pajas o rastrojos, deben ser cortados en segmentos de 5 a 10 cm por medio de una picadora eléctrica u otro sistema que cumpla la misma función (Fig. 20). Esto permitirá una mejor retención de humedad en el sustrato, se evitará que las bolsas se rompan en el momento de la siembra y que el micelio del hongo invada el sustrato con mayor facilidad. Es importante que la temperatura de pasteurización se mantenga estable, ya que si se eleva demasiado puede ocasionar cambios en la composición química del sustrato provocando la solubilización de azúcares simples, con lo que predispone al sustrato a una mayor invasión de hongos contaminantes que impiden el buen desarrollo del hongo seta. De manera contraria, al pasteurizar a temperaturas inferiores de 55 °C se evita destruir organismos competidores presentes en el sustrato. También hay que verificar que los sustratos utilizados para el cultivo del hongo, no hayan sido previamente tratados con plaguicidas o fungicidas.



## Siembra y producción de las setas

### Material:

Semilla (inóculo) de setas

Paja de cebada, avena, trigo, etc.

Bolsas de plástico transparente de 40 x 60 cm o de 50 x 75 cm

Solución desinfectante (alcohol al 70 por ciento)

Cinta transparente o masking tape

Navaja y/o tijeras

### Siembra

Aunque existen diversos utensilios y métodos para la siembra del hongo en el sustrato, aquí solo se describe la técnica manual en bolsas de plástico, ya que por su sencillez y escaso material requerido, es una de las de más fácil adaptación a las condiciones propias de cada planta.

Para la siembra del hongo se requiere una área cerrada, limpia, provista de una mesa o superficie con cubierta de fácil lavado, desinfectada con una solución de alcohol comercial de 96° diluido en agua (70 por ciento de alcohol, 30 por ciento de agua). En esta mesa se deposita la paja previamente pasteurizada y escurrida. La siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura no mayor de 30°C. En bolsas de plástico transparentes y nuevas se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla. Aproximadamente de 150 a 250 g de inóculo se requieren para sembrar 5 Kg (peso húmedo) de paja (Fig. 21).



Fig. 18. Túnel de pasteurización con doble puerta de sellado hermético, para pasteurización con vapor.



Fig. 19. Sistema de pasteurización por inmersión en agua caliente.



Fig. 20. Picadora eléctrica recomendable para triturar los sustratos.

## Incubación

Las bolsas cerradas se colocan en incubación, sobre estantes metálicos en un cuarto limpio, de preferencia obscuro y con temperatura ambiental entre 25 a 28°C.

Al día siguiente de la siembra, a las muestras se les hacen pequeñas perforaciones con un objeto punzocortante limpio, para favorecer la oxigenación del hongo. Dentro de las siguientes tres días, las bolsas se revisan diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio, lo cual se observará como una masa blanquecina creciendo alrededor del grano. Las bolsas deberán mantenerse en el área de incubación hasta que el micelio cubra todo el substrato, lo que sucederá en aproximadamente 2 ó 3 semanas. Durante este tiempo se deben de hacer revisiones periódicas de las muestras, para detectar cualquier posible contaminación por bacterias, otros hongos, mosquitas, catarinas u otros insectos (Fig. 22).

## Producción

El área de producción será de fácil limpieza, y con paredes de preferencia lavables, de igual manera la estantería que se emplee. Se pueden utilizar varios sistemas para colocar las muestras en producción, como bolsas en estantes, bolsas colgantes o el uso de estacas, entre otros (Fig. 23).

Si hay alta humedad ambiental en la zona donde está ubicada la planta de hongos, a las muestras que pasan a producción se les puede retirar la bolsa de plástico para que todo el substrato con micelio quede expuesto, pero si no es así, y para evitar la desecación de las muestras, se recomienda sólo realizar perforaciones de mayor tamaño en donde se presenten los primordios. Inicialmente éstos son masas algodonosas que aparecerán pocos días después de la transferencia de las bolsas al

área de producción y que con el tiempo se diferenciarán en pequeñas protuberancias que salen del substrato. El color de los primordios puede cambiar dependiendo de la variedad de seta que se trabaja, desde color blanquecino o crema hasta rosa, café-grisáceo, gris-azulado o gris oscuro (Figs. 24 y 25). Los primordios requieren en promedio una semana para llegar a ser hongos adultos, que estarán listos para cosecharse cuando el sombrero se observe compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba. La cosecha no necesariamente se concluye en un día, por lo que deberá hacerse una selección de hongos y cortar sólo los de máximo desarrollo. Para la cosecha se recomienda usar una navaja limpia y cortar el pie del hongo lo mas cerca posible de la superficie del substrato y evitar dañar tanto al substrato como al hongo.

La primera cosecha puede durar entre 1 a 3 días, posteriormente habrá un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca el siguiente corte, durante el cuál es importante mantener las condiciones ambientales adecuadas de temperatura, iluminación y humedad, para evitar daños o contaminación de las muestras. En promedio y dependiendo de la variedad de hongo y substrato, las bolsas de setas producen entre 2 a 4 cosechas, pero las más importantes son las dos primeras, ya que es donde se producen la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 90 por ciento).

Como ya se mencionó anteriormente, existen otras técnicas para sembrar setas (cilindros, estacas, camas), por lo que se sugiere consultar bibliografía especializada para más detalles.

### Recomendaciones

Para iniciar la producción, las muestras pueden mantener la bolsa de plástico para obtener la primera cosecha, pero para las subsecuentes es preferible retirárselas.

Aunque las condiciones de humedad ambiental sean controladas, no todas las muestras se humedecen adecuadamente, por lo que será necesario hacer riegos adicionales utilizando manguera con sifón y de preferencia la salida del agua deberá ser muy fina (tipo bruma o vapor), con la finalidad de no dañar las muestras. Pero si se cuenta con los recursos necesarios, se puede implementar un sistema de riego por medio de tubería de cobre en el techo con pequeñas boquillas atomizadoras que provoquen un riego en forma de niebla y un ducto de plástico para favorecer la circulación de aire (Figs. 23 y 26).



Fig. 21. Siembra del hongo seta en bolsas de plástico con paja de trigo en condiciones de asepsia.



Fig. 22. Condiciones de incubación de las muestras sembradas.



Fig. 23. Área de producción con ducto para el suministro de aire y sistema de riego por aspersión en el techo.



Fig. 24. Hongos setas variedad café obscura creciendo en paja de trigo.



Fig. 25. Hongos setas variedad crema en plena producción listos para ser cosechados.



Fig. 26. Sistema de ventilación con ducto de plástico perforado para permitir una distribución homogénea del aire.

En la figura 27 se presenta un resumen del proceso general de producción del hongo seta a partir de la cepa.

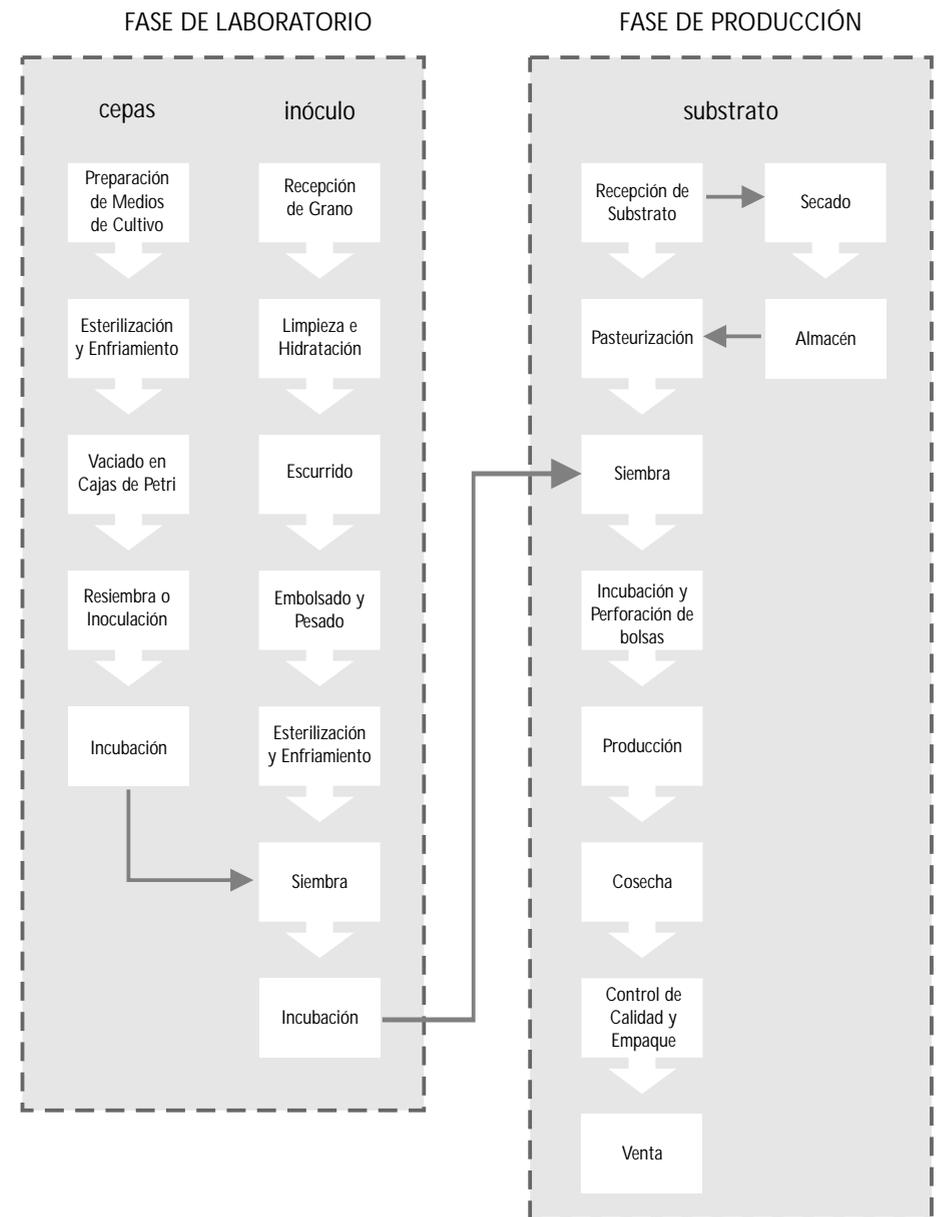


Fig. 27. Diagrama de flujo para la producción de *Pleurotus*.



## Instalación de una planta productora del hongo seta

El diseño y construcción de una planta productora de hongos dependerá del volumen de hongos que el productor pretenda lograr. Se debe de considerar que durante el cultivo del hongo seta se requieren controlar varios factores, temperatura, humedad relativa, humedad del substrato, ventilación y luz, entre otros.

La planta productora que se presenta aquí, es un sistema recomendable de producción, sin embargo, ya que el hongo es un organismo que puede crecer en un amplio intervalo de temperatura y substratos variados, su cultivo también se puede adaptar a condiciones rústicas.

Este modelo está diseñado para obtener una producción promedio de 50 Kg/día de setas frescas, utilizando la paja de trigo como substrato. Para ello, es necesario sembrar diario 160 Kg de paja picada y húmeda, previamente pasteurizada, para producir 32 bolsas de 5 Kg cada una. Se siembra durante cinco días, generando 160 bolsas a la semana. Cada bolsa produce alrededor de 1.6 Kg en un promedio de tres cortes.

La planta de hongos deberá contar con las siguientes áreas: 1) un laboratorio, 2) un cuarto de siembra del inóculo, 3) un cuarto de incubación del inóculo, 4) una bodega para almacenar la materia prima, 5) una zona del tratamiento del substrato, 6) un túnel de pasteurización, 7) un cuarto de siembra del substrato, 8) sanitarios, 9) oficinas, 10) un cuarto de almacén y empaque del producto cosechado e 11) invernaderos (ver Fig. 28).

A continuación se describe algunas de las áreas de mayor importancia en el funcionamiento de una planta productora de hongos.

Laboratorio. Esta área es fundamental en el proceso de producción de la semilla y en el mantenimiento de las cepas. La zona deberá de contar con lo necesario para que la semilla pueda ser lavada, hidratada, escurrida y embolsada. En esta área se debe contar con equipo de esterilización, ollas de presión o autoclaves, así como de refrigerador. El piso debe de ser de un material fácilmente lavable, al igual que las paredes. Si el productor prefiere adquirir su inóculo con un proveedor, el laboratorio, la zona estéril de siembra del inóculo y el cuarto de incubación del mismo, se pueden omitir.

Cuarto de siembra del inóculo. Esta zona también debe mantenerse en condiciones de asepsia y libre de corrientes de aire. En el interior estará una mesa de trabajo y una cámara de flujo laminar. El piso y paredes deberán ser fácil de lavar y de preferencia de color blanco.

Cuarto de incubación del inóculo. Este cuarto tendrá la característica de mantener una temperatura constante, por lo que se recomienda colocar un sistema de aire acondicionado. También es importante que se mantenga obscuro, para favorecer el desarrollo del hongo. Las paredes deberán ser aislantes para evitar cambios bruscos de temperatura, así como la entrada de plagas. El cuarto debe de contar con estantes metálicos (para acomodar las bolsas de inóculo) y con un termómetro para llevar un registro diario de la temperatura.

Zona de tratamiento del substrato. En esta zona no es necesario que haya paredes, pero es recomendable que esté techada y con piso de cemento. Debe de tener un tanque de concreto para el lavado e hidratación de la paja, de 1.5 m de ancho por 1 m de largo y 1 m de alto. También tendrá un sistema de rieles y una polea que permita manipular el contenedor con el substrato hidratado.

Túnel de pasteurización. El túnel debe ser de concreto con paredes aislantes que permitan mantener el calor y puertas herméticas para

evitar la fuga de vapor, que será suministrado por medio de una caldera o generador de vapor.

Cuarto de siembra del substrato. En esta área la higiene es fundamental, por lo que se debe evitar corrientes de aire. Habrá mesas de fácil limpieza para colocar el substrato y repisas para poner los implementos necesarios para la siembra. El piso puede ser de cemento y con plantilla vinílica y paredes lavables.

Cuarto de almacén y empaque del producto cosechado. Este cuarto es para llevar a cabo el control de calidad de los hongos cosechados, así como para pesar y almacenar en refrigeración el producto que no se comercializa inmediatamente. El área contará con pisos de fácil limpieza.

Invernaderos. Los invernaderos serán las áreas en donde se incube, fructifique y se coseche los hongos. Para el modelo de producción propuesto (50 Kg/día de hongos frescos) es necesario contar con seis invernaderos de 74.4 m<sup>2</sup> cada uno (Fig. 29). Tendrán piso de cemento y canaletas de desagüe, así como un techo de un plástico especial semitransparente denominado "Poly-Grap", montado en una estructura tubular en forma de arco. Se utilizará el sistema de producción en estacas de 3 m de altura, las cuales serán de PVC o fierro y estarán distribuidas en 15 líneas con 5 estacas horizontales cada una, es decir, serán 75 estacas en las que, en cada una se colocarán 6 bolsas de substrato inoculado, para un total de 450 bolsas por invernadero (Fig. 30). Es importante instalar un sistema de ventilación que permita el buen desarrollo de los hongos.

En la tabla 1 se presenta una descripción de los metros de construcción y requerimientos de cada una de las áreas propuestas para la planta productora de setas, cuya distribución se observa en la figura 28.

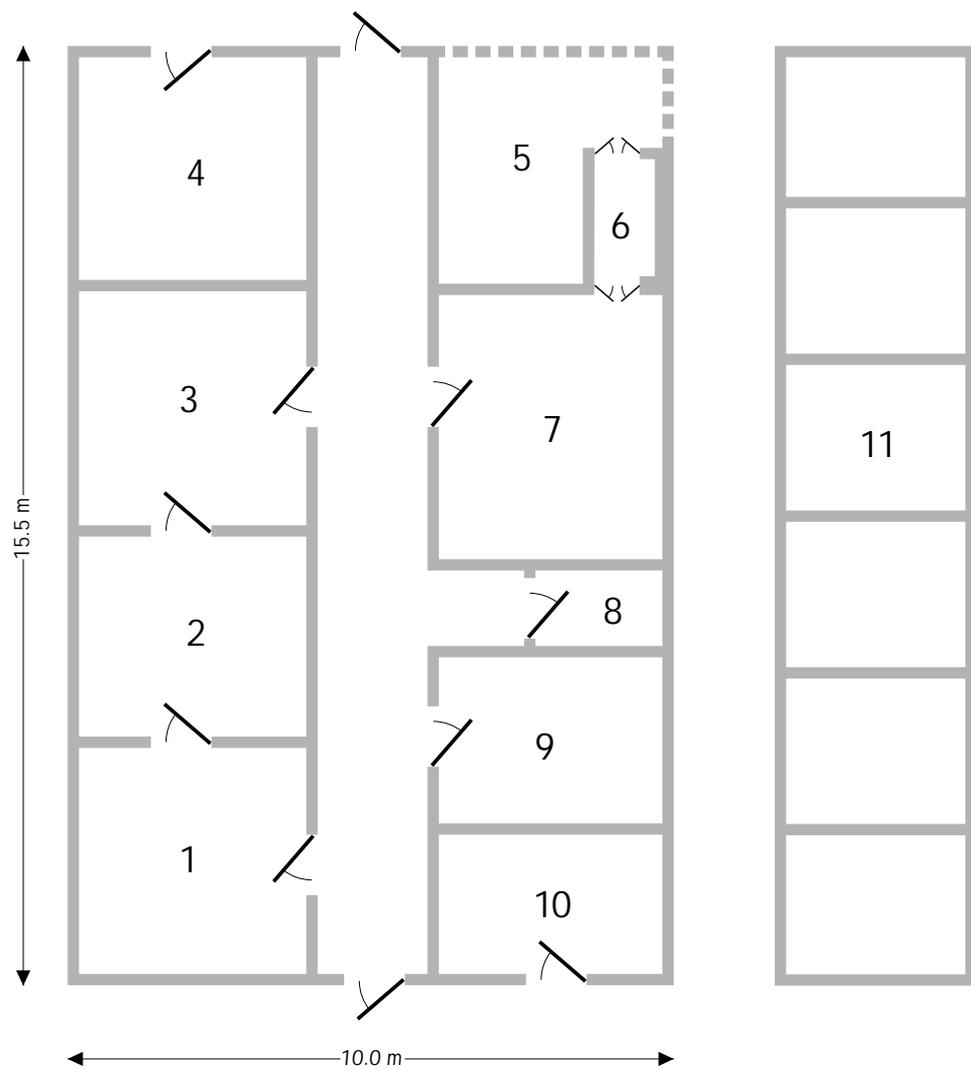


Fig. 28. Modelo de una planta productora de setas. 1: Laboratorio; 2: Área de siembra del inóculo; 3: Incubación del inóculo; 4: Almacén de materia prima; 5: Zona de tratamiento del sustrato; 6: Túnel de pasteurización; 7: Área de siembra; 8: Sanitarios; 9: Oficina; 10: Área de almacén y empaque del producto cosechado; 11: Área de invernaderos para la incubación y producción del hongo seta.

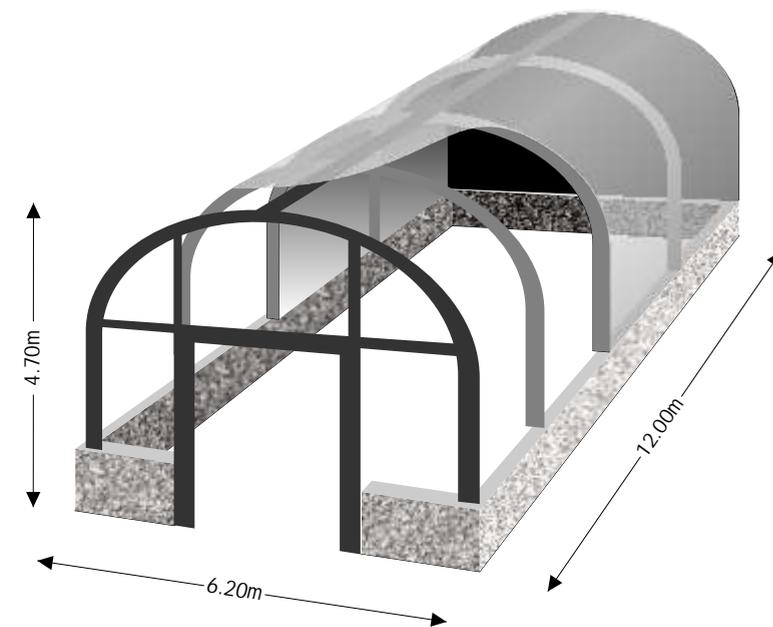


Fig. 29. Diseño para la construcción de los invernaderos para la incubación y producción del hongo seta.

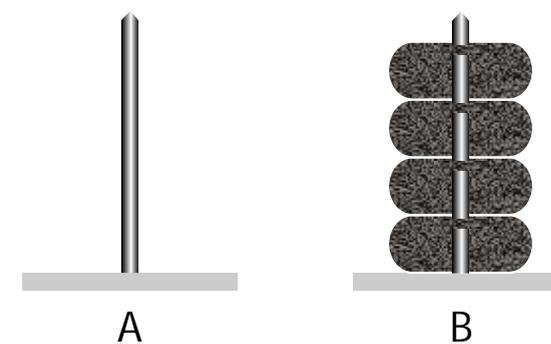


Fig. 30. Sistema de estacas para la producción de setas. La estaca puede ser de plástico o fierro en una base de cemento (A), en la que se podrán colocar de 4 a 6 bolsas (B).

Tabla 1. Áreas consideradas en la construcción de una planta productora de setas y los requerimientos de cada una de ellas.

Área	Construcción (m <sup>2</sup> y/o m <sup>3</sup> )	Requerimientos		
		electricidad	agua	gas
Laboratorio	20	■	■	■
Siembra del inóculo	10	■		■
Incubación del inóculo	16	■		
Almacén de materia prima	16	■		
Zona del tratamiento del sustrato	16	■	■	
Túnel de pasteurización	4*	■	■	
Área de siembra	20	■	■	
Sanitarios	3.80	■	■	
Oficinas	12	■		
Almacén y empaque del producto cosechado	12	■	■	
Invernaderos	74.4	■	■	



## Contaminantes, plagas y enfermedades

Este es uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de setas. Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra.

Los contaminantes son hongos (mohos), bacterias y levaduras siendo los de mayor importancia los hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus*, entre otros. Estos hongos aparecen en forma de manchas verdes, amarillentas, negras y/o anaranjadas sobre el sustrato, invadiéndolo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas. Su presencia se ve favorecida por la alta humedad en el ambiente y en el sustrato, así como por alta temperatura, luz directa y sustrato mal pasteurizado, entre otros (Figs. 31, 32 y 33).

Las plagas las constituyen insectos que atacan a los cultivos tanto en incubación como en el área de producción, atraídos por el olor del sustrato, estos insectos son de las llamadas «moscas de los hongos» como los Dípteros del género *Lycoriella* que ponen sus huevecillos en el sustrato donde en un principio se alimentan del micelio del hongo y después de las fructificaciones adultas. Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas «catarinas»: pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudyschirus* que se comen los hongos en desarrollo (Figs. 34 y 35).

Las enfermedades que se manifiestan en las fructificaciones son causadas en gran medida por bacterias y virus. Estos microorganismos se propagan rápidamente a través del agua, de insectos o utensilios

sucios, por lo que su tratamiento y control es realmente difícil. Las enfermedades se favorecen con la humedad excesiva, el calor y una escasa ventilación, provocando que en los púleos de los hongos, aparezcan zonas de color amarillo, anaranjado o café, que se pudren con rapidez y despiden un mal olor, afectando los rendimientos de producción. Una de las principales bacterias que causan estas manchas en las fructificaciones son las *Pseudomonas*.

### Recomendaciones

Para el caso de aparición de hongos contaminantes es recomendable tener control en la temperatura y tiempo de pasteurización del sustrato, de su manejo e higiene en el momento de la siembra, además de desechar inmediatamente las muestras en las que aparezcan manchas verdes, como medida de control de la propagación contaminante a muestras sanas. Para prevenir el ataque de insectos a las áreas de cultivo es necesario colocar telas de malla fina en las entradas de aire, poner trampas con atrayentes y en el caso de que la población de insectos sea muy alta, fumigar con algún insecticida, de preferencia con piretrinas, pero para esto se tendrá que desocupar el local en donde fructifican los hongos (Figs. 36 y 37). El ataque por bacterias, como se mencionó anteriormente es difícil de eliminar, por lo que los hongos infestados tendrán que cortarse y desecharse; también se recomienda evitar el riego en el momento de detectar algún síntoma de contaminación en las fructificaciones ya que el escurrimiento del agua provocaría la propagación de la enfermedad.

Por último, cabe mencionar que el control de contaminantes, plagas y enfermedades, depende en gran medida de la higiene en el personal y las instalaciones, esto es, se debe hacer limpieza periódica de pisos, paredes, mesas de trabajo y utensilios.



Fig. 31. Muestra contaminada por *Trichoderma* en forma de manchas verdes.



Fig. 33. Contaminación causada por *Coprinus*, vease la mancha negra provocada por las esporas de este hongo.



Fig. 32. Muestras de *Pleurotus* en pulpa de café invadida por el moho verde *Trichoderma*.



Fig. 34. Muestra invadida por insectos, vease el nulo crecimiento del micelio causado por la presencia de esta plaga.



## Consumo o comercialización de setas



Fig. 35. Daño provocado por insectos en fructificaciones del hongo seta.



Fig. 36. Trampa para atrapar insectos.



Fig. 37. Trampa con papel engomado y luz que atrae a los insectos para su captura.

Una vez cosechados los hongos se pueden consumir, comercializar en fresco o almacenar. Si el objetivo es la comercialización en fresco, ésta debe realizarse inmediatamente después de la cosecha, poniendo especial atención en el empaque: elegir un método que evite el maltrato ya que este disminuye la calidad y con ello el costo. Así también, ponga especial atención en el tamaño del hongo al momento de cortarlo (debe de ser de aproximadamente 10 cm de diámetro del píleo) y observe que el borde este liso y doblado hacia abajo.

El tipo de empaque puede ser variado: charolas pequeñas de unicel cubiertas con papel adherible, cajas o canastas de plástico, cajas de unicel, etc. Debido a que es un alimento perecedero igual que las hortalizas, es recomendable refrigerarlas por un tiempo no mayor a 4 días dentro de una canastilla de plástico a 2/3 partes de su capacidad y cubiertas con papel adherible con pequeñas perforaciones a 5 °C. Los hongos cosechados no deben de introducirse por ningún motivo en bolsas de plástico, ya que de este modo se propicia su descomposición. Debemos considerar que los hongos pierden del 1 al 2 por ciento de su peso inicial por día, por lo que es importante su rápida comercialización (Fig. 38).

Si se desea conservarlos por un tiempo mayor, se pueden deshidratar por medio de aire caliente a una temperatura de 35-45 °C, o bien poner en conserva (salmuera, vinagre, etc).

### Recomendaciones

Al cosechar los hongos, evite arrojarlos bruscamente al recipiente de colecta. Elimine cualquier residuo que pueda tener el hongo,

como paja o algún insecto, así mismo reviselos para eliminar los que puedan tener larvas de insectos en el interior del hongo.



Fig. 38. Presentación del hongo seta en el mercado. La distribución de hongos secos es mínima ya que en su mayoría *Pleurotus* se comercializa en fresco.



## Estimación de la productividad de una cepa del hongo seta

La productividad es una de las características más importantes consideradas en el cultivo de hongos y se utiliza para determinar qué tan buena o no es la cepa del hongo que estamos cultivando. Para ello se deben tomar en cuenta varios parámetros:

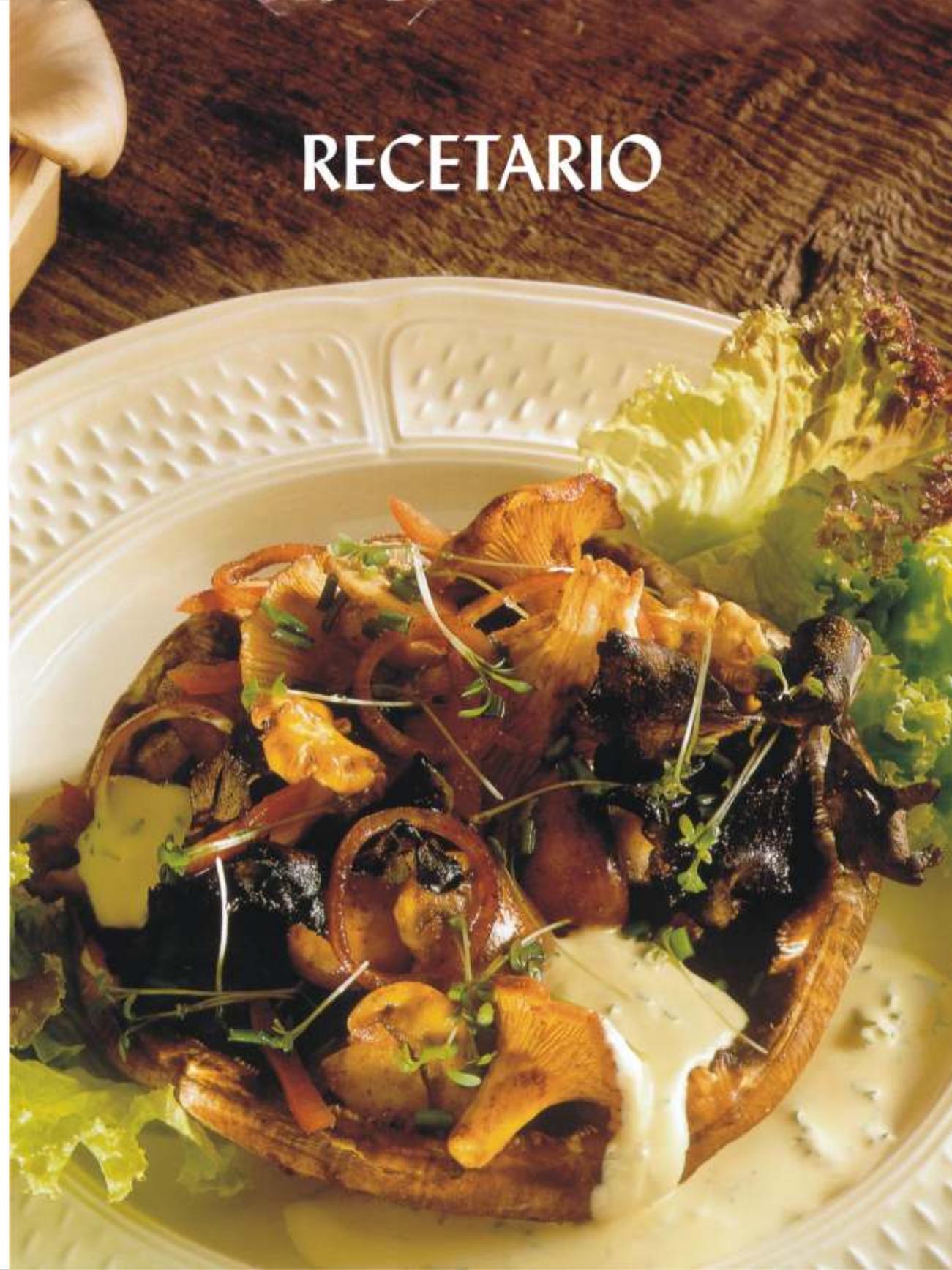
- 1) Tiempo de incubación. Tiempo transcurrido a partir de la siembra hasta que las muestras se colocan en condiciones de fructificación. Se toma en cuenta la temperatura de incubación y el factor iluminación.
- 2) Aparición de primordios. Este parámetro está en estrecha relación al anterior y está bajo el control de varios factores como la aireación e iluminación.
- 3) Tiempo transcurrido en la obtención de la primera cosecha. Es el tiempo transcurrido a partir de que la muestra se colocó en producción hasta el primer corte de hongos en estado maduro; es importante que este periodo sea lo mas breve posible.
- 4) Periodo de producción. Aquí se considera, además del tiempo transcurrido a partir de que las muestras se colocaron en producción hasta la última cosecha, el número de cosechas obtenidas y bajo qué temperatura y humedad se desarrollaron los hongos. Varios factores deben de controlarse, como son la luz, temperatura, humedad, plagas, etc.
- 5) Hongos o cuerpos fructíferos producidos. La evaluación de los hongos se basa en su calidad comercial, como son el color, sabor, olor, tamaño y peso fresco (Fig. 39). Dos de los parámetros más importantes para considerar la productividad, son la eficiencia biológica y la tasa de producción. La eficiencia biológica se determina expresando en porcentaje la relación entre peso fresco de los hongos producidos y el peso

seco de sustrato (peso de hongos frescos / peso seco del sustrato x 100). La tasa de producción se determina mediante la relación de la eficiencia biológica entre el número total de días de evaluación, a partir del día de inoculación [eficiencia biológica (%) / días de evaluación].



Fig. 39. Hongo seta variedad rosa fructificando en paja de trigo.

# RECETARIO



## SETAS CON ARROZ

### Ingredientes:

1 taza de arroz (puede ser integral)	chile cuaresmeño al gusto
1 taza de setas rebanadas	perejil al gusto
1 trozo de cebolla	aceite
2 dientes de ajo	

*Preparación:* Se remoja el arroz en agua caliente durante 15 min. Se enjuaga y se escurre. Posteriormente se fríe en aceite hasta que el grano esté transparente y suelto, se quita el exceso de grasa. Se licua el perejil, ajo y la cebolla con una taza de agua; se le añade la salsa al arroz y fríe unos minutos. Se agrega la sal, 3 tazas de agua, los hongos y el chile. Se tapa la olla y se deja cocer hasta que el arroz esté tierno.

## SETAS CON HIERBAS

### Ingredientes:

1/2 Kg de hongos	hierbas de olor
2 pimientos morrones picados	aceite
2 dientes de ajo picados	

*Preparación:* Se limpian y lavan los hongos sin tallos. Se escurren y se secan con una servilleta. En una cazuela, se fríen los ajos hasta que se transparenten, se añaden los hongos y los demás ingredientes. Se mezcla todo con cuidado. Se deja cocer a fuego lento en una charola tapada y hay que dejar reposar.

## SETAS EN PASILLA

### Ingredientes:

	2 dientes de ajo
1/2 Kg de hongos	chile pasilla al gusto
2 jitomates	sal y pimienta
1 rama de epazote	aceite

*Preparación:* Se asan y pelan los jitomates, se desvenan, tuestan y remojan los chiles. Se licua el chile con los ajos y el jitomate. La mezcla se fríe hasta que sazone, se agregan los hongos enteros o en mitades, la rama de epazote, y se dejan cocinar. Se añade sal y pimienta al gusto.

## CHULETAS CON SETAS

### Ingredientes:

1/2 Kg de setas	sal y pimienta
6 chuletas de cerdo gruesas	aceite
1 taza de crema	

*Preparación:* Las chuletas se lavan y secan con un trapo. Se espolvorean con sal y pimienta, se fríen a fuego lento hasta que estén bien cocidas. La carne se saca y en la misma grasa se fríen los hongos durante 10 min. Se les agrega la crema y se regresa la carne a la sartén. Se deja hervir a fuego lento hasta que se cueza bien la carne.

## SOPA DE SETAS

### Ingredientes:

1/2 Kg de setas	caldo de pollo o res
2 cebollas medianas	epazote
2 chiles pasilla	aceite
2 dientes de ajo	sal al gusto

*Preparación:* Se rebana la cebolla en trozos delgados. En una olla se acitrona el ajo y la cebolla hasta que queden transparentes. Se agregan las setas partidas o enteras y se dejan hasta que suelten su agua a fuego lento. Una vez consumida ésta, se vierte el caldo necesario, los chiles pasilla asados, sal y epazote. Se dejan hervir de 5 a 10 min y se sirven.

## SETAS CON CREMA

### Ingredientes:

1/2 Kg de setas                      2 cucharadas de mantequilla  
2 cucharadas de harina              sal, hierbas de olor al gusto  
1 taza de crema fresca

*Preparación:* Las setas se cortan en trozos y se fríen en la mantequilla. Se espolvorean con harina y se le añade poco a poco la crema. Se dejan hervir, sazonando con sal y hierbas de olor al gusto.

## SETAS EN MOLE

### Ingredientes:

1 Kg de setas en tiras                      1/2 cebolla picada  
1 Kg de carne de cerdo o pollo chico      1/2 taza de aceite  
mole en pasta o en polvo al gusto              sal al gusto

*Preparación:* La carne o el pollo se cuecen en 1 L de agua, de manera que se haga un caldo, con el cual, se va a sazonar el mole. En una sartén se pone el aceite y acitrona la cebolla, después se agregan las setas, se salan y fríen por 5 ó 7 min. Posteriormente se agrega el mole ya preparado, con los trozos de pollo o cerdo y se dejan hervir por 10 min.

## SETAS EN SALSA DE TOMATE

### Ingredientes:

1/2 Kg de setas cortadas en trocitos      4 ramitas de albahaca picada  
2 dientes de ajo                      1/2 taza de crema  
1/4 de cebolla finamente picada              4 ó 5 jitomates en puré  
40 g de mantequilla pimienta blanca y sal al gusto  
azúcar y queso parmesano

*Preparación:* En una sartén se calienta la mantequilla y se fríen el ajo y la cebolla, se agregan las setas, pimienta, sal y se fríen un par de minutos, se

adiciona el puré, azúcar, la albahaca y se hierve por unos minutos más, agregando al final la crema. Se sirve con toda clase de pastas agregando esta salsa por encima y según el gusto, se espolvorea queso parmesano.

## OMELET CON SETAS

### Ingredientes:

1/2 Kg de setas                                      6 huevos  
100 g de jamón serrano cortado en trocitos      1/2 cebolla picada  
2 dientes de ajo finamente picados              sal y pimienta al gusto  
5 cucharadas de aceite de oliva o vegetal

*Preparación:* En una sartén se colocan 3 cucharadas de aceite de oliva, se fríe el ajo y la cebolla, se agregan las setas y el jamón, salar y pimientar al gusto y freír todo junto por 2 ó 3 min. En una fuente se baten los huevos y se agregan los ingredientes ya fritos, se mezcla muy bien. En una sartén, se calientan 2 cucharadas de aceite y se vierte la mezcla para hacer el omelet de huevo que debe dorar por un lado voltearse y dorar por el otro. Se sirve bien caliente.

## ESCABECHE DE SETAS

### Ingredientes:

1 Kg de setas partidas en trozos                      1 taza de vinagre  
de 3 cm aprox.                                      1 taza de agua  
1 taza de aceite                                      2 hojas de laurel  
1/2 cabeza de ajo finamente picado              sal al gusto  
200 g de chiles cuaresmeños rebanados  
200 g de zanahorias rebanadas  
200 g de cebolla en cuadritos  
1/2 cucharada de tomillo  
1/2 cucharada de mejorana

*Preparación:* En una cazuela se frien las verduras y el ajo durante 5 min, después se agregan las setas, las hierbas de olor y la sal, se fríe por 5 min más. El agua y el vinagre se hierven a parte y se agrega después a la fritura dejando hervir por 2 minutos más. Con esta preparación, lo más caliente posible, se llenan frascos y se cierran herméticamente, después se guardan en el refrigerador, donde pueden durar semanas. Esto es consumido como botana.

#### SETAS CON SALSA DE CHILE PASILLA

*Ingredientes:*

1/2 Kg de setas	2 dientes de ajo
150 gramos de chile pasilla o morita	aceite o manteca
1/2 Kg de tomate verde	sal al gusto

*Preparación:* Se asan los chiles y los tomates, se pelan y se hace una salsa en molcajete. En una cazuela se derrite la manteca y se fríe la salsa. Una vez sazonado se agregan las setas. Se deja cocer 15 min se salan y se sirven con tortillas calientes.

#### GUISADO DE SETAS PARA QUESADILLAS O TACOS

*Ingredientes:*

1/2 Kg de setas	1 manojo de epazote
100 g de chile guajillo	sal y aceite al gusto
1 taza de cebolla picada	

*Preparación:* En una sartén se acitrona la cebolla con 4 ó 5 cucharadas de aceite, se agregan las setas partidas en trocitos o tiritas y se frien por unos minutos. Los chiles guajillos se ponen a remojar en agua caliente unas horas antes, después se licuan con parte de su agua y este caldillo se agrega a las setas poniendo epazote al gusto, se sala y se deja hervir por 10 min quedando listo un rico guisado para quesadillas o tacos.

#### SETAS A LA MEXICANA

*Ingredientes:*

1/2 Kg de setas	1/2 Kg de carne de pollo o cerdo
1 taza de cebolla picada	chiles serranos o cuaresmeños al gusto
1 Kg de tomates verdes	2 dientes de ajo
sal y aceite al gusto	

*Preparación:* En una sartén se acitrona la cebolla con 5 cucharadas de aceite, después se agregan la carne cortada en trocitos y las setas también en trocitos o en tiritas, se fríe por 5 min agregando un poco de sal. Los chiles, los ajos y los tomates se asan muy bien en un comal, o si se prefiere se cuecen los tres ingredientes por 10 min, después estos se licuan y este caldillo se deja hervir por 10 ó 15 min más junto con todos los ingredientes, quedando preparado un guisado para comer acompañado de tortillas.

#### CHILPACHOLE DE SETAS

*Ingredientes:*

1 Kg de hongos	1/4 Kg de tomate
2 chiles anchos	1 chile seco
250 g de masa	2 cdas. de aceite

*Preparación:* Los chiles y los tomates se asan y licuan junto con la masa y un poco de agua. Todo esto se fríe perfectamente en el aceite, y cuando está incorporado, se sazona con sal y se agregan los hongos limpios y partidos. Si es necesario se añade un poco de más de agua para que no quede tan espeso.

#### TORTITAS DE SETAS

Nohemí Solís Medel

*Ingredientes:*

1/4 de setas lavadas y escurridas	1/2 L de aceite para freír
-----------------------------------	----------------------------

2 huevos  
 4 hojas de acelgas lavadas  
 1 manojo de cilantro pequeño y lavado  
 2 jitomates picados

1/4 de pan molido  
 1/4 de cebolla picada

*Preparación:* En un recipiente se ponen las setas picadas y lavadas, los dos huevos, el pan molido, las acelgas, el cilantro, la cebolla y el jitomate; se pone sal al gusto y se revuelve, se deja reposar por 5 min. En una sartén con aceite caliente se fríen las tortitas hechas con la mezcla. Se puede acompañar con salsa, arroz o ensalada.

#### SETAS SENCILLAS

Juanita Montes de Oca

##### *Ingredientes:*

1/2 Kg de setas  
 3 dientes de ajo rebanados  
 2 cucharadas de aceite

1/2 cebolla fileteada  
 1 ramita de epazote picado  
 sal al gusto

*Preparación:* Se parten las setas y se lavan, se secan con un paño y se fríen en el aceite con el ajo, la cebolla y la sal, hasta que queden sancochadas y casi para sacarlas del fuego se les agrega el epazote picado. Puede comerse en tacos con salsa mexicana.

## Bibliografía recomendada

- Chang, S.T. y W.A. Hayes, 1978. The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. Academic Press, Nueva York.
- Chang, S.T. y P.G. Miles, 1989. Edible Mushrooms and Their Cultivation. CRC Press, Boca Raton.
- Chang, S.T., J.A. Buswell y S.W. Chiu, 1993. Mushroom Biology and Mushroom Products. The Chinese University Press, Hong Kong.
- García Rollan, M., 1991. Cultivo de Setas y Trufas. Mundi Prensa, Madrid.
- Guzmán, G. y D. Salmones, 1990. El cultivo de los hongos comestibles en México. Recopilación de los trabajos publicados, presentados en congresos o tesis desde 1966 a 1989. Instituto de Ecología, Xalapa.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto-Velazco y L. Guzmán-Dávalos, 1993. El Cultivo de los Hongos Comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. I.P.N., México.
- Oei, P., 1996. Mushroom Cultivation. Tool Publications, Leiden.
- Sánchez, J.H. y D. Royse, 2002. La Biología y el Cultivo de *Pleurotus* spp. Limusa, D.F.
- Stamets, P., 1993. Growing Gourment and Medical Mushrooms. Ten Speed Press, Berekely.

## Glosario

**Agar.** Material gelatinoso obtenido de algas marinas utilizado para solidificar medios de cultivo.

**Autoclave u Olla de presión.** Recipiente hermético, resistente al calor, utilizado para la esterilización de diversos materiales con vapor a alta presión.

**Basidiomicetes.** Subdivisión o clase de hongos, cuyas esporas sexuales son producidas por basidios. Son los típicos hongos con sombrero y tallo.

**Caja de Petri.** Recipiente plano, circular y delgado con una tapa, utilizado para contener el medio de cultivo para el hongo.

**Cepa.** Micelio genéticamente uniforme que posee características distintivas.

**Cosecha.** Producción sincronizada y corte de los hongos adultos en un substrato determinado.

**Cuerpo fructífero.** Estructura especializada en donde se producen las esporas, indispensables para la reproducción.

**Espora.** Término general aplicado a las pequeñas estructuras encontradas en los hongos, para su reproducción.

**Esterilización.** Eliminación o destrucción de todos los organismos vivos.

**Fructificación.** El acto de formación del cuerpo fructífero.

**Hifa.** Una sola hebra o ramificación de un hongo filamentoso.

**Hongo.** Organismo formado por unas estructuras llamadas hifas que contienen núcleo. Se reproduce asexual y sexualmente, no tiene clorofila y obtiene energía de compuestos orgánicos por absorción. Los hongos son agentes degradadores, reciclan nutrientes,

pueden producir enfermedades y tienen importancia industrial.

Himenio. Superficie en donde se producen las esporas que está abajo del píleo del cuerpo fructífero de un hongo.

Humedad relativa. Cantidad de vapor de agua en el aire expresada como el porcentaje de la capacidad máxima de retención de agua del aire a esa temperatura.

Inóculo. Micelio crecido en substrato y preparado con el propósito de propagar el hongo.

Inoculación. Acto de transferencia de micelio (inóculo) a un nuevo substrato o medio.

Medio de cultivo. Es una fuente nutritiva en donde crece un hongo y puede también servir como hábitat.

Micelio. Es una red de hifas y parte vegetativa (no reproductiva) del hongo.

Micología. Rama de las ciencias biológicas que estudia lo relacionado con los hongos.

Muestra. Cada uno de los bloques o bolsas con paja pasteurizada, sembradas con el inóculo o semilla. Estas pueden ser de 4 a 12 Kg de substrato húmedo cada una.

Pasteurización. Eliminación selectiva por calor, de una parte de la población de microorganismos en un substrato.

Primordio. Agregaciones hifales que forman estructuras semejantes a cabezas de alfiler y son el inicio del desarrollo de un hongo.

Substrato. Medio de crecimiento y soporte, compuesto de materiales fragmentados, como las pajas y algunos otros.



INSTITUTO DE  
ECOLOGIA, A.C.

