



PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES ORELLANAS Y SHIITAKE



Programa Nacional de Innovación y
Desarrollo Tecnológico - SENA
Dirección General
Regional Huila
Centro Agropecuario
La Angostura

ASOFUNGICOL
Asociación de productores de
hongos comestibles de Colombia



PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES ORELLANAS Y SHIITAKE



ASOFUNGICOL
Asociación de productores de
hongos comestibles de Colombia



Nelson Rodríguez Valencia*
Martha Liliana Araque Fonseca**
Francenid Perdomo Perdomo**

*Investigador Científico I. Cenicafé, **Servicios Profesionales Cenicafé.

Versión Preliminar
Julio de 2006

Edición, diagramación e impresión:
Sección de Divulgación y Transferencia, Cenicafé, FNC

Copyright © FNC - Cenicafé - 2006

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. GENERALIDADES SOBRE LOS HONGOS COMESTIBLES	4
2.1. Requerimientos físicos para el crecimiento y el desarrollo de los hongos	5
2.2. Características de los hongos comestibles del género <i>Pleurotus</i> spp (Orellanas)	6
2.3. Características del hongo comestible y medicinal <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)	8
3. PROCESO DE CULTIVO DE LAS ORELLANAS Y EL SHIITAKE	10
3.1. Producción de la semilla de los hongos	10
3.2. Selección, formulación y adecuación de los sustratos	12
3.3. Esterilización de los sustratos	17
3.4. Etapa de inoculación	21
3.5. Etapa de incubación	22
3.6. Etapa de fructificación	25
3.7. Manejo postcosecha	28
4. LITERATURA CONSULTADA	31

Introducción

El cultivo de hongos comestibles y medicinales se está constituyendo en una actividad socio económica de importancia en países con vocación agrícola, en los cuales los residuos agrícolas se constituyen en la materia prima para la elaboración de los sustratos de cultivo.

Entre los géneros de hongos más cultivados se encuentran los denominados “hongos de especialidad”, como lo son las diversas especies de hongos del género *Pleurotus*, conocidas en el ámbito nacional como “orellanas” y diferentes variedades del hongo *Lentinula edodes*, conocido popularmente como shiitake.

El cultivo de hongos comestibles ofrece seguridad al consumidor y le permite incorporar a la dieta un producto altamente beneficioso para la salud (Curvetto, 1999). Es un alimento de excelente valor nutricional que también posee importantes propiedades farmacológicas, algunas ya demostradas y otras en estudio, por lo que se habla que son productos nutriceuticos o productos que poseen atributos medicinales y nutricionales.

La demanda tanto a escala nacional como internacional de los hongos de especialidad es cada vez mayor. La producción mundial en 1997 fue del orden de 876.000 toneladas para las orellanas y alrededor de 1.500.000 toneladas para el shiitake.

El proyecto empresarial de innovación y desarrollo tecnológico “Adaptación e implementación de 5 cepas de hongos comestibles en diferentes subproductos agrícolas para mejorar la productividad y competitividad de la Asociación de productores de hongos comestibles de Colombia ASOFUNGICOL”, tuvo como propósito encontrar las mejores formulaciones de sustratos, elaborados a partir de los subproductos agrícolas más abundantes en el departamento del Huila e identificar las cepas de hongos comestibles de mayor rendimiento, de las cinco facilitadas por el Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, a saber: *Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor caju*, *Lentinula edodes* (L54) y *Lentinula edodes* (L4055), de forma que se pudiera mejorar el proceso del cultivo que en el momento tenían los asociados.

En la cartilla se consignan los resultados de esta investigación, que se realizó entre los meses de febrero del 2005 y junio del 2006, en cuatro plantas de cultivo pertenecientes a fungicultores de la Asociación, así: en La Jagua, Garzón, el grupo Asociativo Terra Nostra; en Teruel, el grupo Asociativo Los Yarumos; en Rivera, el grupo Asociativo Buenavista y en Tesalia, el grupo Asociativo Mujer Campesina de Tesalia.

En esta publicación se detallan de forma sencilla, las diferentes etapas del proceso de cultivo tanto para las orellanas como para el shiitake, que son: la producción de semilla comercial, la adecuación de los sustratos, la siembra, la incubación, la fructificación y el manejo postcosecha y se muestran las formulaciones de sustrato con las que se alcanzaron los mayores rendimientos en los cultivos.



2. Generalidades sobre los hongos comestibles

Los hongos llamados macromicetos son organismos que, en general, son conocidos por su forma de paraguas con un sombrero, más o menos circular y un eje o pie que lo sostiene.

A los hongos comestibles, diferentes al champiñón, se les conoce con el nombre de setas; para éstas el pie que las sostiene es más lateral que céntrico, por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja (Gaitán, 2002).

Dentro de las setas se encuentran las que pertenecen al género *Pleurotus* spp, conocidas popularmente como “hongos ostra” u “orellanas” (Figura 1) y las pertenecientes al género *Lentinula*, como el caso del shiitake (Figura 2), cuyo nombre traduce “hongo del roble”.

Dentro de las orellanas que se han cultivado en nuestro país sobre diversos sustratos se encuentran: *Pleurotus cornucopioides*, *Pleurotus floridanus*, *Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sajor caju*.

Las setas son hongos que se desarrollan principalmente sobre troncos en descomposición o sustratos vegetales. Cada hongo está formado por una serie de finos filamentos llamados hifas, que en conjunto conforman lo que se denomina micelio. En la naturaleza y bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, este micelio extendido sobre un sustrato adecuado se transforma en pequeños “grumos” que van aumentando de tamaño hasta formar la típica seta (Gaitán, 2002).

Los hongos tienen la capacidad de producir una variedad de enzimas hidrolizantes y oxidantes que ayudan en la degradación de los residuos de las plantas, y de utilizar algunos de los productos de la degradación para su crecimiento y fructificación, constituyéndose de esta manera en potentes agentes biológicos que generan a partir de los residuos orgánicos no comestibles, alimentos de alto valor nutritivo y excelente sabor para ser utilizados en la dieta alimenticia de las personas.



Figura 1. Hongo ostra u “orellana”



Figura 2. Cuerpo reproductor del shiitake



El empleo de los hongos como las orellanas y el shiitake tiene varias ventajas (Rajarathnam y Bano, 1991):

1. Representan ejemplos de la conversión más eficiente de los residuos de las plantas en alimentos para el consumo humano.
2. Son directamente comestibles y son considerados como un alimento muy delicioso y son muy apetecidos por su textura y sabor característicos.
3. El método de separación de la biomasa (hongos) del sustrato es muy fácil.
4. Su eficiencia de conversión en proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es muy superior, comparado con las fuentes de proteína animal (ganado, peces, pollos).
5. El sustrato agotado, una vez terminada la cosecha, es un material muy valioso para la elaboración de abono orgánico.
6. Los hongos juegan un papel muy importante en la ecología del ciclo del carbono en la naturaleza, reduciendo de esta manera la acumulación de material orgánico de residuos de plantas que se acumula cada año en la tierra.

2.1. Requerimientos físicos para el crecimiento y el desarrollo de los hongos

El crecimiento y el desarrollo de las orellanas y el shiitake se ven afectados no sólo por factores nutricionales sino también por factores físicos, tales como: temperatura, humedad, luz, aireación, gravedad y tamaño de la partícula del sustrato.

Por supuesto, los valores de los factores físicos también están influenciados por otras condiciones que afectan el crecimiento, tales como: la nutrición, otras condiciones culturales, las características genéticas de la cepa del hongo y la fase de crecimiento del micelio (Miles y Chang, 1999).

Concentración del ión de hidrógeno (pH): La mayor parte de los hongos presenta un mejor crecimiento sobre el lado ácido del punto de neutralidad (por ejemplo pH 6,5 a 6,8), pero existen variaciones usuales que incluyen cepas y especies diferentes.

Temperatura: De todos los factores físicos, la temperatura ha sido la más ampliamente estudiada en cuanto a su efecto sobre el crecimiento de los hongos. Esta no es sólo consecuencia de su importancia sobre el crecimiento y el desarrollo, sino también porque es relativamente fácil de estudiar en el laboratorio (Miles y Chang, 1999).

El cultivador de setas está en la capacidad de tratar con:

- La temperatura óptima para el crecimiento micelial.
- La temperatura óptima para la producción de un producto metabólico (compuestos medicinales como el polisacárido Lentinan, el cual es útil en el tratamiento de ciertos cánceres y es producido por el micelio de shiitake).
- La mejor temperatura para la formación del cuerpo reproductor, que es el producto de interés para el cultivador de setas.

Humedad: La mayoría de los hongos requiere altos niveles de humedad. Al considerar los elementos de humedad para el cultivo de las setas, deben tenerse en cuenta dos consideraciones importantes:

- El contenido de humedad del sustrato
- La humedad relativa del ambiente en el cual crecen las setas.



El manejo de ambos es importante. Las especies pueden diferir en los valores óptimos de humedad, los cuales también pueden variar en diferentes etapas del crecimiento. Para la mayoría de las especies de setas, una humedad relativa de 95 a 100% permite un crecimiento máximo con poca pérdida del contenido de humedad del sustrato por evaporación. Un contenido de humedad del sustrato entre 50-75%, generalmente, permite el crecimiento máximo del micelio (Miles y Chang, 1999).

Luz: En calidad de organismos no fotosintéticos, la influencia de la luz en los hongos es un aspecto curioso. Existen reportes acerca de que el crecimiento vegetativo de algunas especies en agar puede ser inhibido por la luz. Es una práctica normal de laboratorio, cultivar el micelio de la cepa shiitake en la oscuridad para obtener un mejor crecimiento.

La luz podría impulsar el origen de los primordios en algunas especies y ser necesaria para el desarrollo de otras etapas del órgano productor de esporas.

Aireación: Los componentes gaseosos de la atmósfera de mayor importancia en la biología de las setas son: el oxígeno y el dióxido de carbono. En el manejo de un galpón de cultivo la aireación debe ser un asunto de constante consideración.

Las especies de hongos son organismos aeróbicos y es importante tener el nivel de oxígeno adecuado para sembrar los micelios. El crecimiento vegetativo puede aumentar cuando el nivel de dióxido de carbono aumenta ligeramente, como ocurre normalmente en áreas confinadas debido a las actividades respiratorias del micelio.

La aireación del galpón de cultivo puede manejarse para prevenir características no deseadas en algunas especies o para lograr una característica deseada en otras (Miles y Chang, 1999).

Gravedad: El efecto de la gravedad sobre la formación de las setas puede observarse fácilmente en la naturaleza, ya que los órganos productores de esporas crecen en cierto ángulo y las láminas o membranas se desarrollan en un ángulo en el cual las basidiosporas caen de las láminas. Esta respuesta de crecimiento a la gravedad (respuesta geotrópica) es negativa.

Tamaño de partícula del sustrato: El tamaño ideal de partículas considerado para el cultivo de los hongos está entre 2 y 3 cm (Rajarathnam y Bano, 1991).

2.2. Características de los hongos comestibles del género *Pleurotus* spp. (Orellanas)

Los hongos del género *Pleurotus* son los más fáciles y menos costosos de cultivar, y claramente son la elección para entrar en la industria de los hongos de especialidad (Figura 3). Pocas especies muestran tanta adaptabilidad, agresividad y productividad, como los de este género (Curvetto, 1999).



Figura 3. Cultivo de orellanas en Tesalia (Huila)



Su producción a nivel mundial se ha incrementado rápidamente en pocos años. Entre 1986 y 1991, pasó de 169.000 toneladas a 917.000 toneladas anuales, un incremento de 442% y ocupa el tercer lugar, después del champiñón (*Agaricus bisporus*) y el shiitake (*Lentinula edodes*) (Sánchez y Royse, 2001).

Estos hongos son grandes descomponedores de troncos y crecen en un amplio espectro de residuos, más que ninguna otra especie de cualquier otro grupo. Crecen bien en la mayoría de maderas duras, sobre los productos secundarios de industrias madereras, la paja de todos los cereales, caña de azúcar y bagazos, residuos de café, hojas de plátano y cáscaras de semillas oleaginosas (Curvetto, 1999).

Naturalmente, las especies de *Pleurotus* spp. crecen sobre partes de plantas vivas o muertas (como parásito o como saprófito), las cuales son generalmente pobres en nutrientes y en vitaminas, en ambos casos el micelio crece y forma cuerpos fructíferos, utilizando los nutrimentos a partir de los complejos lignocelulósicos (relaciones Carbono/Nitrógeno entre 50 y 500) (Zadrazil, 1978).

Las diversas especies de *Pleurotus* varían en su relativa habilidad para colonizar un sustrato lignocelulósico, esta habilidad está influenciada por la naturaleza del sustrato, la tasa de crecimiento del hongo, la tasa de degradación del sustrato y finalmente, por la capacidad de fructificar y bioconvertir los residuos no comestibles en biomasa comestible (Rajarathnam and Bano, 1991).

Los rendimientos varían de especie a especie, y en la misma especie varían con los diferentes sustratos, y aún utilizando las mismas especies y sustratos varían bajo diferentes condiciones de cultivo (Rajarathnam and Bano, 1991).

La eficiencia biológica es un parámetro que nos permite evaluar la producción de hongos sobre los sustratos y se define como la relación entre

el peso fresco de los hongos cosechados y el peso seco del sustrato de cultivo, multiplicada por cien.

En los diferentes países productores de café, se han realizado investigaciones relacionadas con el cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre la pulpa de café.

En Cenicafé, se iniciaron en 1990 estudios de investigación en el cultivo de hongos del género *Pleurotus* sobre pulpa de café proveniente de un despulpado sin agua, y se encontraron eficiencias del 54,4% con *P. pulmonarius* (Rodríguez y Zuluaga, 1994), del 51,3% con *P. ostreatus*, del 48,1% con *P. florida*, del 48,1% con *P. sajor-caju* (Rodríguez, 1993), del 76,3% con la cepa P161 de *P. sajor-caju* y del 68,98% con la cepa PO4 de *P. ostreatus*. (Gómez, 1997; Rodríguez y Gómez, 2001).

Valor nutricional. Los hongos del género *Pleurotus* son considerados un alimento de gran valor nutricional, debido a su alto contenido de proteína, fibra y minerales.

Se han encontrado valores de proteína del 13,2% en *Pleurotus florida* y del 14,3% en *Pleurotus sajor-caju*, cuando se sembraron sobre paja de arroz (El-kattan, 1991). Chang and Miles (1989), registraron que los valores de proteína cruda digestible están en el orden del 27,0% en *Pleurotus florida*, del 10,5 al 30,4% en *Pleurotus ostreatus* y del 26,6% en *Pleurotus sajor-caju*, dependiendo de las condiciones de cultivo.

El contenido de grasa promedio en las especies de *Pleurotus* es del 2,85%. Cerca de un 72,0% de los ácidos grasos totales se encuentran como insaturados. El alto contenido de ácidos grasos se debe, principalmente, a la presencia de ácido linoléico y representa un 62,94%. Por el contrario, en los productos de origen animal abundan los ácidos grasos saturados, que son perjudiciales para la salud (Chang and Miles, 1989).



El alto contenido de fibra de las especies de *Pleurotus* facilita su preparación en forma de conservas, debido a que soportan tratamientos térmicos drásticos (Andreotti, 1975).

El K y el P son los principales constituyentes de las cenizas de los hongos *Pleurotus* spp; también se ha establecido que en estos hongos las concentraciones de Pb, Cd, Cu y Zn están dentro de los límites prescritos y aceptados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Las especies de *Pleurotus* por su alto contenido de fibra dietética pueden encontrar un lugar en dietas terapéuticas para la hiperlipemia y diabetes (Rajarathnam and Bano, 1991).

Es previsible que la producción de *Pleurotus* spp., en todo el mundo y especialmente en los países hispanohablantes, continuará incrementándose debido a la relativa facilidad de su producción y porque representa una alternativa alimenticia para el autoconsumo y para la venta (Sánchez y Royse, 2001).

2.3. Características del hongo comestible y medicinal, *Lentinula edodes* (Shiitake)

Estos hongos son una delicadeza en Japón, Corea y China. Tradicionalmente, se han cultivado en exteriores sobre troncos, en las regiones montañosas de Asia. Hoy en día, el shiitake figura entre los más populares de los hongos de especial en la gastronomía y ocupa el segundo lugar en la producción mundial de hongos comestibles.

En las últimas décadas la tecnología del cultivo de shiitake, en condiciones controladas, se ha perfeccionado y se usan sustratos a base de aserrines suplementados y descontaminados con calor (Figura 4).

Los troncos inoculados producen los hongos después de seis meses a un año. Con los métodos modernos, el período desde la inoculación a fructificación sólo necesita unas pocas semanas. El cultivo sobre troncos sólo genera ingresos modestos. Los métodos de cultivo en interiores controlados permiten duplicar y hasta triplicar los carpóforos de cada bloque sintético.

Estos métodos de sistemas de producción usan bloques de 1 kg de aserrines suplementados, que son inoculados en la parte superior y producen cerca de dos oleadas; aunque con mayores masas de sustratos (2-3 kg) pueden obtenerse hasta 4 cosechas.

Hay cepas disponibles para un amplio rango de temperaturas y adaptadas a diferentes materiales.

Al principio, en agar nutritivo, el micelio es blanco; con el tiempo se torna marrón oscuro. Algunas cepas forman unos agregados de micelio que pueden o no desarrollar primordios. Su aroma es dulce y agradable.

El cultivo de shiitake tiene un conjunto de condiciones técnicas que difieren a las del cultivo de los hongos del género *Pleurotus*. Las cepas de shiitake son abundantes, la mayoría producen bien y unas pocas son más agresivas



Figura 4. Cultivo de shiitake en Cenicafé (Chinchiná, Caldas)



cuando pueden crecer en climas más templados, tolerando temperaturas de hasta de 35°C.

Si se permite la colonización del sustrato durante unas 2 semanas la red del micelio se forma bien, con densidad adecuada y se producen hongos de calidad. No se aconsejan tiempos menores de colonización.

Durante la incubación, la superficie exterior del sustrato aparece plana y blanca, y comprimida a la superficie de la bolsa. A los 20-25 días los bloques comienzan a mostrar una topografía irregular con protuberancias, que son las precursoras de los primordios. Varios días después se disminuye la temperatura y en las puntas de las protuberancias se forman pequeñas manchas marrones, a menudo presionando sobre el interior del plástico.

El fungicultor debe exponer el micelio al ambiente en el momento justo, retirando la bolsa de plástico de los bloques. En este momento ocurre una masiva evaporación del agua desde la superficie y para la primera oleada, el bloque debe mantenerse en condiciones de niebla del 100% hasta que se forme el número deseado de primordios.

Después de la primera oleada deben sacarse los bloques del cuarto, manteniendo la temperatura a unos 20-21°C y disminuyendo la humedad a un 30-50%. Es entonces, cuando los bloques se sumergen en agua por 24 - 48 horas.

Después de la inmersión, los bloques se reubican en el cuarto de fructificación y durante el transporte se limpia la superficie exterior de cualquier residuo extraño, con un spray de agua a presión.

Una semana después de la inmersión comienza el nuevo ciclo de cosecha de los primeros hongos, por tanto, es necesario regar diariamente los bloques. Después de la cosecha los bloques se secan durante 7 a 10 días, para luego reiniciar el

proceso de inmersión, este ciclo puede repetirse varias veces más.

Al final del cultivo los bloques son $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{3}$ de su tamaño original y normalmente, de un color marrón oscuro. En este momento pueden reciclarse los bloques gastados: se muelen en forma de virutas y se reesterilizan para el cultivo secuencial de *Pleurotus* spp o *Ganoderma* spp.

Cada cultivador debe generar fórmulas para maximizar el rendimiento de su producción en función de sus circunstancias singulares.

El valor nutricional del shiitake como alimento ha contribuido a incrementar su consumo alrededor del mundo. El shiitake es una buena fuente de proteína, potasio y zinc. Es una rica fuente de polisacáridos, algunos de ellos conocidos como potenciadores del sistema inmunológico (Jones, 1995).

El shiitake ha sido reconocido en Japón y China como un alimento y una medicina por miles de años. El interés creciente en este hongo se debe a que es un hongo más exótico y delicioso que el champiñón (*A. bisporus*) y especialmente, por el gran número de investigaciones que han demostrado sus múltiples propiedades medicinales (Hobbs, 1996).

En la medicina oriental el shiitake es un hongo utilizado para tratar problemas de salud tanto en niños como en adultos. En Japón, se utiliza para tratar enfermedades del corazón, úlceras, presión sanguínea, problemas de visión, alergias, hemorroides y neuralgias, entre otras (Jones, 1995).

Es importante considerar, en la farmacología del shiitake, sus dos más importantes preparaciones: el Extracto Micelial (LEM) y el Lentinan. La naturaleza química de estas dos sustancias ha permitido que puedan utilizarse, por su fuerte actividad antitumoral, en tratamientos médicos contra tumores en animales y humanos, por ingestión oral o por vía intravenosa (Hobbs, 1996).



El lentinan es un constituyente de la pared celular y es extraído tanto del micelio como de los cuerpos reproductores. Es un polisacárido de alto peso molecular (alrededor de 1 millón) en triple estructura de hélice, conteniendo solamente moléculas de glucosa (Hobbs, 1996).

En el libro “Medicinal Mushrooms. An exploration of tradition, healing and culture”, se presenta una revisión sobre estudios clínicos realizados en pacientes a los cuales se les suministra el hongo para el tratamiento de diferentes enfermedades (Hobbs, 1996).

Para el tratamiento del cáncer, Hobbs (1996) registra que la dosis recomendada está entre 6 a 16 gramos de hongo deshidratado (90 gramos de hongo fresco)/persona-día. Para la hepatitis crónica o estados iniciales del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) la dosis recomendada está entre 2 a 6 gramos deshidratados/persona-día, tomado en 2 ó 3 dosis, por vía oral. Para este caso el hongo puede consumirse en forma de té o como ingrediente de un alimento preparado.

3. Proceso de cultivo de las orellanas y el shiitake

El proceso de cultivo de las orellanas y del shiitake sobre los subproductos agrícolas generados en el Departamento del Huila, incluye varias etapas: la producción de la semilla de los hongos; la formulación y la adecuación de los sustratos de cultivo; las fases de esterilización, inoculación, incubación y fructificación; y el manejo de cosecha y postcosecha de los hongos producidos.

3.1. Producción de la semilla de los hongos

La semilla o “blanco” de los hongos se refiere, para el caso de los hongos comestibles *Pleurotus* spp. y shiitake, a la fase micelial del hongo utilizada para inocular los sustratos.

La producción de la semilla de los hongos comestibles es una actividad de sumo cuidado y en cuyo proceso se corre el riesgo de pérdida

del material por el establecimiento de hongos competidores, por lo que se le recomienda a los pequeños productores, comprarla a laboratorios comerciales que certifiquen su idoneidad.

No obstante, los pequeños productores también pueden preparar la semilla en su casa, después de un curso de capacitación, acondicionando una habitación y tomando todas las precauciones de profilaxis para mantener un ambiente higiénico (Quimio, 2001). Para este caso, es recomendable seguir las instrucciones condensadas en el protocolo “Producción de semilla comercial de hongos comestibles y medicinales”, generado como producto del proyecto de investigación que se realizó en el Departamento del Huila.

La semilla inicial se elabora a partir de cultivos puros de los hongos, los cuales se encuentran en su fase micelial sobre agares nutritivos y crioprotectantes, almacenados en nitrógeno líquido a -196°C , para preservar su potencial genético.



A partir de los cultivos crioconservados se obtienen los cultivos de trabajo, los cuales consisten en tubos de ensayo con agar nutritivo sobre el cual se establece el hongo en su fase micelial y cuya conservación se realiza por refrigeración a 4°C; es necesario transferirlo cada 3 meses a otro tubo con nuevo agar nutritivo que garantice la supervivencia del hongo (Figura 5). A esta forma de conservación se le denomina de transferencia seriada y al material biológico conservado de esta manera popularmente se le denomina “cepa”, que es la forma en la que los laboratorios especializados las comercializan para que los productores inicien la etapa de producción de la semilla comercial.

El mantenimiento del material biológico es un paso crítico para la producción consistente de semilla de siembra de calidad, para ello se

recomienda seguir el procedimiento descrito en el protocolo “Mantenimiento de cepas de hongos comestibles y medicinales”.

A partir de las cepas conservadas en los tubos de ensayo se multiplica el micelio en botellas planas con medio de cultivo (EMA). Estas botellas son las mismas que se utilizan para la producción artesanal del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Figura 6).

El micelio contenido en las botellas planas se multiplica en granos de cereal (puede utilizarse trigo, mijo, sorgo, cebada, centeno, maíz o arroz), para conformar la semilla madre o semilla primaria (Figura 7), la cual es usada para preparar la semilla de siembra o inóculo secundario, también llamada semilla comercial (Figura 8).



Figura 5. Tubos de cultivo de hongos comestibles (Centro Agropecuario La Angostura) - SENA

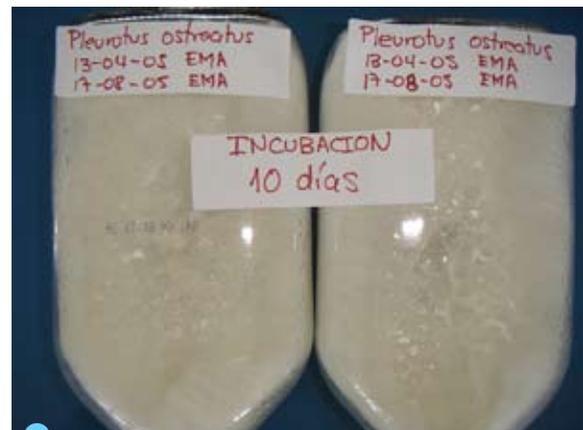


Figura 6. Botellas planas con micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* (Centro Agropecuario La Angostura) - SENA



Figura 7. Semilla primaria de *Pleurotus pulmonarius* (Centro Agropecuario La Angostura) - SENA



Figura 8. Semilla comercial refrigerada (Centro Agropecuario La Angostura) - SENA



Las características de la apariencia de la semilla hacen parte de los factores claves para el éxito del cultivo de los hongos, debido a que el uso de una semilla microbiológicamente sana, fresca y vigorosa, que no haya sido refrigerada o con el menor tiempo de almacenamiento, asegura una inmediata activación del micelio en el sustrato y por tanto, una rápida invasión del bloque, lo que evita la proliferación de otros organismos no deseados.

En la medida en que la semilla envejece la tasa de crecimiento del micelio disminuye, por lo que los sustratos inoculados con semillas “viejas” son más propensos a la contaminación por hongos competidores.

A continuación se presentan algunas de las características macroscópicas que debe presentar la semilla para considerarla apropiada para ser utilizada en el cultivo de los hongos:

1. La semilla utilizada para los cultivos debe ser blanca y estar exenta de otro tipo de coloraciones, pues éstas pueden deberse a hongos contaminantes o metabolitos del hongo de interés que se generan cuando el micelio comienza a envejecer.
2. La semilla no debe presentar puntos sin crecimiento, pues estos son un indicio de una potencial contaminación con bacterias o de la presencia de algún componente tóxico en los granos de cereal.
3. La semilla debe inspeccionarse antes de utilizarla. Si acaso una bolsa presenta manchas extrañas, no la destape y apártela de las demás, pues pueden ser esporas de hongos contaminantes que ocasionarían contaminación en el sitio de siembra. De igual manera, si alguna bolsa está rota sepárela también, pues por estos sitios pudieron haber penetrado esporas de hongos competidores.
4. La semilla debe presentar una fácil desagregación de los granos de cereal y

un micelio fuerte que los compacte bien; condiciones fundamentales para utilizarla en la inoculación de sustratos. Los inóculos con una coloración amarilla y unas hifas densificadas son el indicativo de un micelio maduro, que es más difícil de manejar durante la siembra y menos adecuado para el crecimiento del hongo en el sustrato.

5. La semilla debe almacenarse en un sitio limpio, fresco y seco. Nunca la exponga al sol ni al calor hasta que vaya a utilizarla.
6. Utilice su semilla durante la semana siguiente a la colonización completa del grano de cereal. Si la ha refrigerado, recuerde aclimatarla uno o dos días antes de usarla.
7. Como rutina de higiene limpie siempre sus bolsas de semilla y desinféctelas cuidadosamente con alcohol antes de cada siembra.

En la Tabla 1 se presenta un cuadro con los problemas que pueden ocurrir en la elaboración de la semilla, sus causas y sus posibles soluciones.

3.2. Selección, formulación y adecuación de sustratos

Las actividades agrícolas y agroindustriales generan gran cantidad de desechos que no tienen ningún valor comercial pero que ocasionan contaminación ambiental. Dichos desechos son en su gran mayoría lignocelulósicos, que pueden aprovecharse para el cultivo de setas y de esta manera solucionar el problema ambiental que estos ocasionan, y a su vez generar alimento para consumo humano y subproductos de proceso que pueden utilizarse para la alimentación animal.



Tabla 1. Diagnóstico de los problemas más frecuentes encontrados en la elaboración de la semilla de hongos comestibles y medicinales.

PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
Contaminación de la semilla con microorganismos competidores (hongos y bacterias)	Acumulación de polvo y desinfestación deficiente en el laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza constante • Rotación de desinfestantes
	Inadecuada esterilización del material	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar y desinfestar correctamente el material • Verificar temperaturas y tiempos de esterilización descritos en los protocolos
	Fuente del inóculo contaminado	Seleccionar el inóculo de calidad, libre de contaminación y fresco
	Humedad de la semilla en rango inadecuado	Mantener la humedad del grano de cereal en el rango entre 38 al 42%
No ocurre crecimiento micelial en los granos de cereal	Presencia de fungicidas en el grano	Cambiar de proveedor
	Grano viejo y deteriorado	Seleccionar grano de calidad, que este sano y libre de contaminantes e insectos
	Humedades demasiado altas o demasiado bajas	Mantener la humedad del grano de cereal en el rango entre 38 al 42%
	Temperaturas inadecuadas de incubación	Mantener la temperatura de incubación en el rango 20 a 25°C

La selección de los materiales para conformar los sustratos está directamente relacionada con:

- Disponibilidad suficiente y continua en la zona del cultivo.
- Conocimiento de sus características fisicoquímicas.
- Regularidad en su composición fisicoquímica.
- Material fácilmente transportable y manejable.
- Un precio de adquisición ventajoso.
- Localización fácil y cercana.
- Facilidades de almacenamiento.

La caracterización fisicoquímica, en especial la relación C/N, de los subproductos agrícolas más abundantes en la zona de cultivo es importante

para establecer los sustratos adecuados para la producción de los hongos. Para *Pleurotus* spp. la relación C/N se encuentra entre 30 y 500, siendo aconsejable tener un rango entre 30 y 100 y para *Lentinula edodes* esta relación se encuentra entre 40 y 80.

En las Tablas 2, 3 y 4, se consignan los resultados de la caracterización realizada en Cenicafé de los subproductos agrícolas más abundantes y disponibles para los grupos asociativos de Teruel, Garzón y Rivera. Los resultados muestran que en las diferentes regiones del Departamento del Huila, en las que se realizó la experimentación en el cultivo de los hongos comestibles y medicinales, se encuentran subproductos con una relación C/N entre 15 y 338, que las hace aptas para el cultivo de macromicetos.



Tabla 2. Caracterización de los sustratos para el cultivo de hongos comestibles y medicinales. Vereda La María, Grupo Asociativo Los Yarumos (Municipio de Teruel)

Muestra		Determinación						
Nº	Descripción	pH (und.)	Humedad (%)	Cenizas (% MS)	Materia orgánica (%MS)	N (%)	C (%)	C/N
1	Hojas y ramas de yuca	6,18	8,9	6,60	93,40	3,43	51,9	15
2	Tallos de maíz	5,77	12,4	3,78	96,22	0,26	53,5	203
3	Vástago de plátano	5,85	17,4	6,99	93,01	0,54	51,7	96
4	Pasto maralfalfa	9,87	52,0	21,18	78,82	1,35	43,8	32
5	Pulpa de café	4,85	11,0	9,13	90,87	1,50	50,5	34

Tabla 3. Caracterización de los sustratos para el cultivo de hongos comestibles y medicinales. Vereda La Jagua. Grupo Asociativo Terranostra (Municipio de Garzón).

Muestra		Determinación						
Nº	Descripción	pH	Humedad (%)	Cenizas (% MS)	Materia orgánica (%MS)	N (%)	C (%)	C/N
1	Bagazo de caña	4,07	9,0	1,85	98,15	0,42	54,5	130
2	Tallos y vainas de fríjol	7,27	7,8	4,75	95,25	0,55	52,9	96
3	Capacho, tallos, hojas de maíz	5,79	7,0	5,67	94,33	0,65	52,4	81
4	Tamo de arroz	6,10	14,5	15,80	84,20	0,69	46,8	68
5	Cascarilla de arroz	6,60	10,81	19,75	80,25	0,37	44,6	121

Tabla 4. Caracterización de los sustratos para el cultivo de hongos comestibles y medicinales. Vereda Las Juntas. Grupo Asociativo Buenavista (Municipio de Rivera).

Muestra		Determinación						
Nº	Descripción	pH	Humedad (%)	Cenizas (% MS)	Materia orgánica (%MS)	N (%)	C (%)	C/N
1	Pulpa de café	4,18	14,00	7,30	92,70	1,56	51,5	33
2	Residuos de maíz	6,20	9,50	4,95	95,05	0,35	52,8	151
3	Vástago de banano	5,72	18,52	7,25	92,75	0,57	51,5	90
4	Bagazo de caña	5,12	9,71	13,11	86,89	0,26	48,3	186
5	Cáscara de cacao	4,82	12,68	6,90	93,10	1,62	51,7	32

En lo relacionado con el agua necesaria para el proceso productivo de los hongos comestibles y medicinales, es recomendable que los diferentes fungicultores pertenecientes a la Asociación, realicen un tratamiento preventivo al agua, pasándola por un filtro de arena y luego, adicionándole 2 ml de límpido por litro de agua y dejándola en reposo, por lo menos 2 horas, antes de utilizarla.

Con base en los resultados de la caracterización físico-química de las materias primas enviadas por los diferentes grupos asociativos y que se constituían en las más representativas y

fáciles de conseguir en cada una de las áreas experimentales, y teniendo en cuenta las necesidades nutricionales de los hongos objeto de estudio, se establecieron las formulaciones registradas en las Tablas 5, 6, 7, 8 y 9.

La formulación muestra las cantidades porcentuales en las que deben mezclarse los materiales para obtener un sustrato apropiado para el cultivo de cada género en particular. Estas cantidades se dan teniendo como base el peso seco de los materiales, debido a que la humedad de las materias primas no siempre es la misma.



Los materiales utilizados para la elaboración de los sustratos deben utilizarse frescos o deshidratados hasta una humedad aproximada del 12%, valor a partir del cual se limitan drásticamente los procesos microbianos de descomposición.

El primer paso en la preparación del sustrato, una vez establecida la formulación y calculadas las cantidades de materias primas necesarias, consiste en la adecuación de los materiales en lo relacionado con el tamaño de partícula y su forma de almacenamiento.

Tabla 5. Formulaciones de sustratos para el Municipio de Teruel, en la producción de *Pleurotus* spp.

Material	Formulación (% en base seca)					
	1	2	3	4	5	6
Hojas y ramas de yuca	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tallos de maíz	21,0	24,0	0,0	0,0	0,0	32,0
Vástago de plátano	22,0	24,0	32,0	0,0	48,5	32,0
Pasto maralfalfa	22,0	24,0	32,0	48,5	0,0	33,0
Pulpa de café	22,0	25,0	33,0	48,5	48,5	0,0
Carbonato	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
C/N	42,77	54,71	43,27	33,35	50,46	69,11

Tabla 6. Formulaciones de sustratos para el Municipio de Garzón, en la producción de *Pleurotus* spp.

Material	Formulación (% en base seca)					
	1	2	3	4	5	6
Bagazo de caña	15	22	0	35	30	25
Tallos y vainas de fríjol	12	22	17	0	20	36
Capacho, tallos, hojas de maíz	30	22	20	35	0	36
Tamo de arroz	30	31	50	27	37	0
Cascarilla de arroz	10	0	10	0	10	0
Carbonato	3	3	3	3	3	3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
C/N	86,45	87,72	78,77	89,89	92,88	96,64

Tabla 7. Formulaciones de sustratos para el Municipio de Rivera en la producción de *Pleurotus* spp.

Material	Formulación (% en base seca)					
	1	2	3	4	5	6
Pulpa de café	25	0	0	0	0	48,5
Residuos de maíz	18	24	0	0	0	24,5
Vástago de banano	18	24	32	0	48,5	24
Bagazo de caña	18	24	32	48,5	0	0
Cáscara de cacao	18	25	33	48,5	48,5	0
Carbonato	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
C/N	55,94	72,52	61,68	53,59	47,46	51,71



Tabla 8. Formulaciones de sustratos para el Municipio de Tesalia, en la producción de *Pleurotus* spp.

Material	Formulación (% en base seca)					
	1	2	3	4	5	6
Pulpa de café	49,00	24,50	0,00	35,00	24,50	48,00
Bagazo de caña	16,00	24,50	24,50	0,00	24,50	24,50
Vaina de frijol	16,00	24,00	24,50	27,00	0,00	24,50
Tallos de maíz	16,00	24,00	48,00	35,00	48,00	0,00
Carbonato	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
C/N	50,5	68,0	97,0	55,5	66,0	53,0

Tabla 9. Formulaciones de sustrato para los 4 sitios de experimentación, para la producción de *Lentinula edodes*

Material	Formulación (% en base seca)					
	1	2	3	4	5	6
Aserrín de Eucalipto.	35	0	37	0	35	0
Residuos de maíz	14	12	0	0	0	10
Vástago de plátano	14	15	0	0	0	0
Bagazo de caña	14	15	0	35	42	67
Aserrín de tallo de café	0	40	40	47	0	0
Salvado de trigo	20	15	20	15	20	20
Carbonato	1	1	1	1	1	1
Azúcar	1	1	1	1	1	1
Yeso	1	1	1	1	1	1
C/N	76,39	61,73	66,08	62,86	81,55	68,75

Es recomendable que el tamaño de partícula de los sustratos esté entre 0,5 y 2,0 cm. Con este tamaño se han encontrado los mejores rendimientos del cultivo.

La pulpa de café tiene un tamaño de partícula promedio entre 1 y 2 cm, que es apropiado para la conformación del sustrato. Debe utilizarse fresca (con menos de 2 días de generada), ensilada o deshidratada.

El tallo de café debe molerse para obtener un tamaño de partícula inferior a 2 cm, lo cual se logra en un desintegrador (Figura 9).

Los residuos de plátano, el bagazo de caña y los residuos del cultivo de maíz, deben molerse a

tamaños de partícula inferiores a 2 cm (Figura 10). El cisco, la película plateada y la borra de café pueden utilizarse con el mismo tamaño de partícula con el que se generan.

Los materiales secos deben almacenarse en sitios aireados y frescos para evitar que se rehumedezcan e inicien procesos de descomposición. Para facilitar el almacenamiento se recomienda empacar los sustratos con el tamaño de partícula apropiado en costales de fibra, así se optimiza el espacio de la zona de almacenamiento y se garantiza la calidad de las materias primas (Figura 11).

Para mayor información sobre las características que deben tener los sustratos para el cultivo





Figura 9. Desintegrador - molino para adecuación del tamaño de partícula.



Figura 10. Adecuación del tamaño de partícula para los subproductos del plátano.

de los hongos comestibles y medicinales, se recomienda consultar el protocolo “Preparación de sustratos para hongos comestibles y medicinales”.

Una vez realizada la mezcla, el sustrato puede adecuarse por vía anaerobia o por procesos térmicos para dejarlo apto para el cultivo de las orellanas. Para el caso del shiitake sólo puede hacerse por el proceso térmico, dado que su capacidad degradadora es menor.

La fermentación anaeróbica y/o el tratamiento térmico de las mezclas garantiza la inocuidad de los sustratos para evitar la competencia por los nutrientes, de hongos contaminantes, que limita el crecimiento de las setas de interés.



Figura 11. Almacenamiento de los sustratos deshidratados.

3.3. Esterilización de los sustratos

Cuando la adecuación del sustrato se realiza por fermentación anaeróbica (caso orellanas) deben tenerse en cuenta los siguientes pasos:

1. Adecuación del tamaño de partícula de los sustratos (Figuras 12 y 13).
2. Mezclado uniforme de las materias primas hasta que el material quede homogéneo (Figura 14).
3. Empaque y amarre del material en costales de fibra que estén limpios.
4. Ubicación del costal en una caneca o tanque donde se le adiciona un sobrepeso que esté limpio (ladrillo o piedra), para evitar que flote y paso seguido, se adiciona agua hasta cubrir el costal.
5. Fermentación de los sustratos con pulpa de café durante 15 días y sin pulpa de café durante 8 días (Figura 15),



6. Finalización de la fermentación y eliminación de las natas que se formaron con un colador hasta que el agua no contenga sólidos



Figura 12. Adecuación de los subproductos de caña.



Figura 13. Adecuación de los subproductos de maíz.



Figura 14. Mezcla de uniforme de los sustratos.

en suspensión. Posteriormente, se retira el sobrepeso y el costal se cuelga en una guadua de forma que escurra libremente, por efecto de la gravedad, durante la noche (Figura 16).

7. Traslado del material al sitio de inoculación.

Cuando la adecuación del sustrato se realiza con tratamiento térmico (caso *Pleurotus* spp y shiitake) se tienen en cuenta los siguientes pasos:

1. Almacenamiento de los sustratos.
2. Adecuación del tamaño de la partícula de los sustratos.
3. Transporte del material a los sitios experimentales.



Figura 15. Fermentación anaerobia de los sustratos.

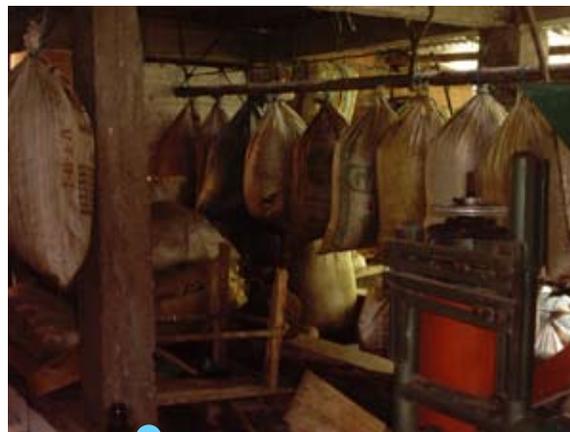


Figura 16. Escurrido de los costales con sustrato.



4. Contenido de humedad de las materias primas.
5. Determinación del peso de las materias primas necesarias para conformar el sustrato (Figura 17).



Figura 17. Pesaje de las materias primas.



Figura 18. Mezclado de las materias primas.



Figura 19. Adición de los suplementos a la mezcla.

6. Mezclado uniforme de los materiales (Figura 18 y 19).
7. Adición de agua de una manera uniforme a la mezcla de los materiales hasta alcanzar una humedad final del 75% para *Pleurotus* spp y 60% para shiitake (Figura 20).
8. Homogeneización del material hasta que quede uniforme.
9. Empaque del material en bolsas de polipropileno, que estén provistas de un filtro en la parte superior para permitir el intercambio de gases hasta la mitad de su capacidad (Figura 21).
10. Pesaje y amarrado de las bolsas (Figura 22) y sometimiento del material a tratamiento térmico con vapor (Figura 23).



Figura 20. Adición del agua a la mezcla.



Figura 21. Llenado de las bolsas con los sustratos.





Figura 22. Pesaje de las bolsas con sustrato.



Figura 23. Ubicación de las bolsas para esterilización.

Al sustrato se le realiza un tratamiento térmico al vapor en canecas metálicas de 55 galones (Figura 24), con capacidad para 25 bolsas de 2 kg. Las canecas deben estar dotadas de parrillas internas que permitan la circulación del vapor. A la caneca se le adiciona agua por debajo de la parrilla, aproximadamente un 18% de su capacidad (40 litros) y luego se empaican las bolsas con sustrato.

Las bolsas se encarran en sentido vertical (Figura 25) y la caneca se cubre con la tapa a la cual se le incorpora un termómetro para registrar la temperatura del vapor (Figura 26).



Figura 25. Encarrado vertical de las bolsas.



Figura 24. Canecas metálicas para la esterilización de los sustratos



Figura 26. Registro de la temperatura del proceso



El tiempo de tratamiento térmico se cuenta a partir del momento en el cual el vapor de agua, en la parte superior de la caneca, adquiere la temperatura de ebullición del agua a las condiciones del sitio.

Es importante revisar detalladamente los recipientes utilizados para la esterilización, de forma que no ocurran fugas de agua y que se mantenga la temperatura de esterilización por encima de 95°C ininterrumpidamente, durante 8 horas para una carga de sustrato entre 60 y 90 kg; durante 6 horas para una carga de sustrato entre 30 y 60 kg y durante 5 horas para una carga de sustrato inferior a 30 kg.

Cuando ocurren problemas de infiltración en los tanques de proceso, en el tratamiento anaeróbico, no se logra una esterilización apropiada de los sustratos ni una eliminación total de los organismos aeróbicos; así mismo, tampoco ocurre una dilución apropiada de los carbohidratos presentes en los sustratos, aspectos que favorecen el establecimiento de hongos competidores.

Las fugas de agua en las canecas utilizadas para el tratamiento térmico arriesgan la integridad del material, debido a que las bolsas pueden quemarse o el sustrato puede resecarse, aspecto que no permite el crecimiento del micelio de las orellanas ni del shiitake, por los bajos contenidos de humedad. Esta deficiencia en la hidratación del sustrato facilita el asentamiento de hongos competidores.

Para mayor información sobre las condiciones del proceso de adecuación de los sustratos para los procesos de fermentación anaeróbica o tratamiento térmico para el cultivo de los hongos comestibles y medicinales, se recomienda consultar el protocolo “Esterilización y siembra de hongos comestibles y medicinales”.

3.4. Etapa de inoculación

Para realizar la siembra se recomienda acondicionar un lugar fácil de limpiar, aislado y sin corrientes de aire.

Los sustratos se inoculan con la semilla de siembra del hongo; para ello la semilla se retira de la nevera y se reactiva dos días antes, desmoronándola dentro de la bolsa. Para la siembra se utiliza una tasa de inoculación del 3% (30 gramos de semilla/kg de sustrato de siembra).

Para esta operación debe utilizarse un delantal limpio, gorro y guantes de cirugía limpios. Luego se adiciona de manera homogénea la semilla sobre el sustrato y se realiza la mezcla.

Para mayor información sobre las condiciones del proceso de siembra de los sustratos, para los procesados con fermentación anaeróbica como aquellos procesados con tratamiento térmico, se recomienda consultar el protocolo “Esterilización y siembra de hongos comestibles y medicinales”.

Para el material adecuado por fermentación anaeróbica, el sustrato contenido en los costales se ubica sobre un mesón y se inocula a granel, mezclando homogéneamente la semilla y el sustrato (Figura 27). Posteriormente, el material se empaqueta en bolsas de polietileno negras con



Figura 27. Inoculación a granel del sustrato.



capacidad de 2 kg, previamente perforadas, y se amarran con fibra (Figura 28). Para el caso del material adecuado con el tratamiento térmico, se inocula el material por la parte superior de las bolsas (Figuras 29 y 30).



Figura 28. Empaque en bolsas negras.



Figura 29. Inoculación del shiitake en bolsas.



Figura 30. Acople de la tapa a la bolsa.

3.5. Etapa de incubación

Durante esta etapa debe facilitarse el crecimiento micelial del hongo sobre el sustrato. Se realiza en un cuarto limpio y previamente desinfectado. En las paredes, los pisos y los anaqueles del cuarto debe espolvorearse carbonato de calcio para reducir los riesgos de contaminación por hongos e insectos.

Se aconseja cada 8 días invertir la posición de las bolsas para distribuir homogéneamente la humedad.

Los cambios de aire para la etapa de incubación deben estar a razón de 100 m³ de aire fresco/hora

por cada tonelada de sustrato de siembra. Para ello es necesario conocer la cantidad de aire que mueve el ventilador y la cantidad de sustrato en incubación.

Es recomendable para una buena distribución del aire utilizar un ducto fabricado con plástico tubular, que atraviese el cuarto por la parte central superior y que esté perforado a lo largo del mismo.

Para cultivos pequeños, donde el volumen ocupado por las bolsas sea menor al 5% del volumen del cuarto de incubación, éste debe estar dotado de una ventana para ventilación que permita el intercambio natural del aire, y ésta debe forrarse con una malla mosquitera para



impedir la entrada de insectos. La renovación del aire se consigue abriendo la ventana de 2 a 3 veces al día durante 1 hora/vez.

La incubación, en cada uno de los sitios experimentales, se realizó en cuartos adaptados para esta etapa. Tanto el grupo Asociativo Terra Nostra en La Jagua (Garzón) como el grupo Mujer Campesina de Tesalia en Tesalia, incubaron los bloques de sustrato para el cultivo de *Pleurotus* spp y shiitake en estanterías de madera con

mallla metálica (Figuras 31 y 32). Para el caso de los grupos asociativos Los Yarumos en Teruel y Buenavista en Rivera, la incubación se realizó en bolsas colgantes (Figura 33 y 34).

La temperatura óptima de incubación para las orellanas y el shiitake es de 25°C. En las Tablas 10 y 11 se muestra la información sobre las condiciones que deben mantenerse durante la incubación, para favorecer el crecimiento de los hongos.



Figura 31. Incubación *Pleurotus* spp en La Jagua, Garzón, Huila.



Figura 33. Incubación *Pleurotus* spp en Teruel, Huila.



Figura 32. Incubación *Pleurotus* spp en Tesalia, Huila.



Figura 34. Incubación *Pleurotus* spp en Rivera, Huila.



Tabla 10. Parámetros óptimos para el cultivo de las orellanas.

Condiciones de proceso	Incubación (Todas las cepas)	Fructificación <i>Pleurotus ostreatus</i>	Fructificación <i>Pleurotus pulmonarius</i>	Fructificación <i>Pleurotus sajor caju</i>
Temperatura	25°C	15 – 21°C	18 – 24°C	18 – 25°C
Humedad relativa	95-100%	85 –95%	85 – 95%	85 – 95%
Duración	15 – 25 días	3 – 5 días	4 – 8 días	3 – 5 días
[CO₂]	Tolera 1%	<0,1%	< 0,08%	< 0,08%
Cambios de aire fresco	Entre 0 y 1/día	Como sea requerido para mantener el nivel de CO ₂	Como sea requerido para mantener el nivel de CO ₂	como sea requerido para mantener el nivel de CO ₂
Requerimiento de luz	No requiere	12 horas a 100-200 lux	12 horas a 100-200 lux	12 horas a 100-200 lux
Relación C/N del sustrato	50-500	50-500	50-500	50-500
Humedad del sustrato	65-75%	65-75%	65-75%	65-75%
Tamaño de partícula del sustrato	5-20 mm	5-20 mm	5-20 mm	5-20 mm

Tabla 11. Parámetros óptimos para el cultivo del hongo shiitake.

Condiciones de proceso	Incubación	Fructificación Inducción	Fructificación Desarrollo
Temperatura	21-27°C	6 – 21°C	21 – 27°C
Humedad relativa	95-100%	95 –100%	60 – 80%
Duración	1 – 2 meses	5 – 7 días	5 – 8 días
[CO₂]	Tolera 1%	< 0,1%	< 0,1%
Cambios de aire fresco	Entre 0 y 1/día	Como sea requerido para mantener el nivel de CO ₂	Como sea requerido para mantener el nivel de CO ₂
Requerimiento de luz	50-100 lux	500-2.000 lux	500-200 lux
Relación C/N del sustrato	40-100	40-100	40-100
Humedad del sustrato	60-65%	60-65%	60-65%
Tamaño de partícula del sustrato	1-5 mm	1-5 mm	1-5 mm

En la Tabla 12 se muestra un cuadro con los problemas que pueden ocurrir en la etapa de incubación, así como sus causas y las posibles soluciones.

Para mayor información sobre las condiciones de la etapa de incubación se recomienda consultar el protocolo “Incubación de hongos comestibles y medicinales”.

Cuando el material esté completamente colonizado, de tal manera que ya no se distinga el aspecto ni la coloración del sustrato inicial sino que se vea una masa compacta y una superficie homogénea blanco-algodonosa para las orellanas y cuando los bloques adquieran protuberancias de color marrón y de consistencia blanda para shiitake o cuando inicie la formación de primordios, deben llevarse las bolsas para el cuarto o la etapa de fructificación.



Tabla 12. Diagnóstico de los problemas más frecuentes encontrados en la etapa de incubación del cultivo de hongos comestibles y medicinales.

PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
Contaminación de las tortas con microorganismos competidores	Acumulación de polvo y desinfección deficiente en el laboratorio	Limpieza constante y rotación de desinfectantes.
	inadecuada esterilización del sustrato	Verificar temperaturas y tiempos de esterilización descritos en los protocolos.
	Valores de CO ₂ superiores a 500 ppm	Aumentar la ventilación del área.
	Fuente del inóculo contaminado	Seleccionar un inóculo de calidad, libre de contaminación y fresco.
	Exceso de humedad del sustrato.	Verificar que el sustrato se encuentre con la humedad requerida para el crecimiento del hongo.
Contaminación por insectos	Entrada del personal sin la indumentaria adecuada.	Proveer al personal de batas, cofias, tapabocas y botas de caucho para uso exclusivo en el cultivo.
	Al área de incubación le falta hermeticidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Construir un vestier para una entrada previa al área de incubación. • Sellar las posibles entradas de insectos en techos, ventanas y paredes. • Colocar mallas mosquiteras en las zonas de ventilación.

3.6. Etapa de fructificación

La etapa de fructificación (formación de los cuerpos reproductores) puede llevarse a cabo en el mismo cuarto donde se realizó la incubación, siempre y cuando éste tenga los elementos necesarios para suministrar las condiciones de ventilación, temperatura, humedad y luz que requieren los primordios para su desarrollo.

En esta etapa deben realizarse ajustes ambientales para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos. El tamaño de los cuartos

de fructificación para el cultivo de los hongos debe conservar una relación de 1 m³ de volumen de cuarto por cada 35 kg de sustrato de fructificación. Si se dispone de ventiladores que permitan la renovación del aire esta relación se puede incrementar hasta 50 kg/m³.

En las Tablas 10 y 11 se presentan las condiciones que deben mantenerse durante la etapa de fructificación para favorecer el crecimiento de los hongos. En la Tabla 13 se presenta un cuadro con los problemas que se pueden presentar en la etapa de fructificación, sus causas y posibles soluciones.



Tabla 13. Diagnóstico de los problemas más frecuentes encontrados en la etapa de fructificación del cultivo de hongos comestibles y medicinales

PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUCIONES
Demora en la formación de primordios	Le falta incubación al micelio	Revisar que la colonización de la torta esté completa
	Temperatura alta o baja	Controlar la temperatura óptima de fructificación
	Insuficiente humedad	Nebulizar el agua para mantener la humedad entre el 90 y el 95%
	Altas concentraciones de CO ₂	Mejorar el sistema de ventilación del área.
	Semilla débil	Usar semilla fresca y de un laboratorio confiable
Cuerpos fructíferos muy pequeños o escasos	Semilla débil	Usar semilla fresca y de un laboratorio confiable
	Nutrientes insuficientes	Incrementar los suplementos en la formulación del sustrato
	Crecimiento de gran cantidad de setas pequeñas al tiempo	No retirar la bolsa y abrirle algunos orificios para desarrollar racimos.
Pudrición en los hongos antes de la cosecha	Presencia de enfermedades bacterianas o fúngicas	Prevenir la difusión de la enfermedad retirando las tortas infectadas
Setas con tallos largos y delgados	Luz insuficiente	Incrementar la intensidad de la luz presente en el área
Infestación y daños por insectos	Sanidad insuficiente, ambiente demasiado expuesto	Utilice trampas para atrapar los insectos y aplique insecticidas caseros como ajo/ají

Para mayor información sobre las condiciones de la etapa de fructificación se recomienda consultar el protocolo “Fructificación de hongos comestibles y medicinales”.

En las Figuras 35, 36, 37 y 38 se muestran los aspectos de la fructificación para las orellanas en los diferentes sitios experimentales y en las Figuras 39 y 40, los aspectos de la fructificación del shiitake.

Para La Jagua se encontró que la mejor cepa de las orellanas fue la *P. sajor caju* cultivada sobre las formulaciones 1, 2, 5 y 6, cuando el sustrato se adecuó por fermentación anaeróbica, y se alcanzaron rendimientos medios del cultivo entre 50 y 60%. Cuando los sustratos se esterilizaron al vapor la mejor cepa fue la de *P. ostreatus* cultivada sobre las 6 formulaciones, en las cuales se alcanzaron rendimientos medios del cultivo entre el 66 y el 100%.





Figura 35. Fructificación de *P. pulmonarius* en La Jagua, Garzón, Huila.



Figura 36. Fructificación de *P. sajor caju* en Teruel, Huila.



Figura 37. Fructificación de *P. ostreatus* en Rivera, Huila.



Figura 38. Fructificación de *P. ostreatus* en Tesalia, Huila.



Figura 39. Fructificación de shiitake en Rivera, Huila.



Figura 40. Fructificación de shiitake en Cenicafé, Chinchiná, Caldas



La mejor cepa de orellanas en Teruel fue *P. ostreatus* cultivada sobre las 6 formulaciones con adecuación del sustrato por fermentación anaeróbica, con rendimientos medios del cultivo entre 74 y 114%. Cuando los sustratos se esterilizaron al vapor, la mejor cepa fue nuevamente *P. ostreatus* cultivada sobre las formulaciones 1, 2, 3, 4 y 6, con rendimientos medios del cultivo entre el 72 y el 95%.

En Rivera se encontró que la mejor cepa de las orellanas fue *Pleurotus Sajor Caju* caju cultivada sobre las formulaciones 1 y 6, cuando el sustrato se adecuó por fermentación anaeróbica, y se alcanzaron rendimientos medios del cultivo entre el 50 y el 60%. Cuando los sustratos se esterilizaron al vapor la mejor cepa fue *P. ostreatus* cultivada sobre las formulaciones 1, 2, 3, 4 y 5, con rendimientos medios del cultivo entre 73 y 87%.

En Tesalia, la mejor cepa de las orellanas fue *P. pulmonarius* cultivada sobre las formulaciones 1 y 2, cuando el sustrato se adecuó por fermentación anaeróbica, y alcanzó rendimientos medios del cultivo entre el 54 y el 64%. Cuando los sustratos se esterilizaron al vapor, la mejor continuó siendo la de *P. pulmonarius* cultivada sobre las formulaciones 1, 2, 3 y 4, con rendimientos medios del cultivo entre 70 y 107%.



Figura 41. Recolección manual de hongos.

3.7. Manejo postcosecha

La cosecha de los hongos se realiza manualmente (figura 41). Después de cosechar no deben almacenarse los hongos en ambientes húmedos, calurosos y sucios. Por el contrario, estos deben consumirse frescos o someterse a procesos de refrigeración, deshidratación o conservación en salmuera, para conservar su calidad como elemento para el consumo humano.

El deterioro durante el almacenamiento puede ser causado por bacterias u hongos presentes en el cuerpo reproductor. La textura de los hongos se altera a medida que pierden su firmeza y su carne se oscurece. El agua dentro de los hongos también favorece el crecimiento bacteriano.

El manejo postcosecha puede dividirse en tiempos cortos y tiempos largos de almacenamiento, de acuerdo al tiempo necesario para su conservación.

Tiempos cortos de almacenamiento: La vida media de los hongos frescos puede extenderse por refrigeración (1-4°C), ya que el enfriamiento de estos disminuye la velocidad de todos los procesos fisiológicos. La vida de anaquel para los hongos puede variar de 1 día a 2 semanas.



Figura 42. Empaque de hongos frescos.



El mejor método para el almacenamiento en frío es conservarlos entre 8 y 10°C en bandejas de icopor con cubierta de papel cristaflex (Figura 42). Al envolver a los hongos con esa cubierta plástica con microporos puede mejorar su vida de almacenamiento, ya que se reduce la pérdida de humedad y se preserva la calidad de los hongos.

Tiempos largos de almacenamiento: Para prolongar los tiempos de almacenamiento de los hongos, los métodos más empleados son: el enlatado, el encurtido y el secado.

Secado. Es comúnmente utilizado como una técnica de conservación cuando el mercado es muy lejano y cuando los hongos son utilizados como ingredientes en otros productos procesados. El secado preserva a los hongos quitando suficiente agua para inactivar a las enzimas y microorganismos. Los hongos conservados en seco tienen un buen sabor y el secado previene su deterioro (Figura 43 y 44).

Para mayor información sobre las condiciones de la etapa de manejo postcosecha se recomienda consultar el protocolo “Manejo postcosecha de hongos comestibles y medicinales”.

Encurtido. Para este proceso los hongos deben clasificarse y lavarse. Se sumergen en una

solución con un 3% de sal en agua hirviendo durante 3 minutos. Después, se elimina el agua y los hongos se sumergen inmediatamente en agua fría. Posteriormente los hongos, pueden transferirse a un frasco con salmuera al 22% y adicionarle a esta solución vinagre, azúcar y otras especias como la vitamina C o ácido cítrico, para dar a los hongos una coloración fresca. Los frascos sin cerrar herméticamente se cuecen al vapor por una hora. Para finalizar, las tapas se ajustan cuando estén frías y el contenido se enfría antes de consumir.

Los instructores del grupo de Agroindustria Alimentaria del Centro Agropecuario La Angostura SENA-Regional Huila, han estandarizado algunos productos procesados a base de orellanas frescas y deshidratadas, para posteriormente transferirlos a los fungicultores como beneficiarios del proyecto de investigación (Figura 45).

Las normas más importantes y fundamentales que deben seguirse en la buena cocina de las setas se describen a continuación:

- En primer lugar, hay que asegurarse que el producto sea lo más fresco posible. Los hongos son productos perecederos y por tanto, se deterioran fácilmente en un período corto de tiempo.



Figura 43. Deshidratación de hongos en la Jagua, Garzón, Huila.



Figura 44. Empaque de setas deshidratadas.



- En segundo lugar, deben emplearse procedimientos culinarios que faciliten la permanencia de aromas y sabores del producto elaborado, así como las buenas cualidades nutritivas que aporta. Por ejemplo, las comidas con hongos deben consumirse inmediatamente después de su elaboración; no conviene dejar restos de un día para otro, ya que en su recalentamiento se puede perder el aroma y el excelente sabor de las setas.
- El tiempo de cocción o de fritura es variable, según la especie y el tipo de guiso. Como norma general, conviene esperar a que se evapore el líquido que sueltan para servirlos.
- El exceso de madurez y de humedad y los hongos enfermos, son causales que los predisponen a la descomposición.
- Por tales motivos, es aconsejable desechar los hongos demasiado jóvenes o viejos, y los hongos enfermos o demasiado húmedos.
- Los hongos no requieren de un raspado previo, basta lavarlos con un poco de agua para evitar la pérdida de aromas y sabores. La mejor forma de lavarlos es, una vez retirada la parte inferior del pie (que tiene una consistencia leñosa), ponerlos bajo el chorro de agua fría y secarlos con un paño o con un papel de cocina absorbente.

Además de la importancia de utilizar hongos frescos en las recetas, también hay que considerar otros aspectos importantes:

- La juventud o falta de madurez de los hongos causa cierta insuficiencia en sus cualidades nutritivas y organolépticas.

Si los hongos han de trocearse mucho, lo mejor es cortarlos después del lavado. Para evitar que se oxiden, si no se van a utilizar de inmediato, pueden colocarse en un recipiente con agua y limón.



Figura 45. Encurtidos de *Pleurotus* spp.



4. Literatura consultada

- ANDREOTTI, R.; TOMASICCHIO, M. Il *Pleurotus ostreatus*, nuovo fungo di coltivazione: caratteristiche e idoneità alla preparazione di conserve. *Industria Conserve* No. 1: 29-32. 1975.
- CHANG, S. T.; MILES, P.G. Edible mushrooms and their cultivation. Boca Ratón, CRC Press, 1989. 345 p
- CURVETTO, N. Biotecnología de hongos comestibles y medicinales. Bahía Blanca, s.e., 1999. 74 p.
- EL-KATTAN, M.; HELMY, Z.; EL-LEITHY, M.; ABDELKAWI, K. Studies on cultivation techniques and chemical composition of oyster mushroom. *Mushroom Journal for the Tropics* 11(3-4): 59-66. 1991.
- GAITÁN H., R.; ALMONES, D.; PÉREZ M., R.; MATA, G. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Xalapa, Instituto de Ecología, 2002. 56 p.
- GÓMEZ C., F. A. Estudio del cultivo de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sajor-caju* en pulpa de café. Manizales, Universidad Católica de Manizales. Facultad de Ciencias de la Salud, 1997. 150 p. (Tesis: Bacteriólogo y Laboratorista Clínico).
- HOBBS, C. Medicinal mushrooms: an exploration of tradition, healing e culture. 3. ed. Loveland, Interweave Press Inc., 1996. p. 252.
- JONES, K. Shiitake. The healing mushroom. Vermont, Healing Arts Press Rochester, 1995. 120 p.
- MILES, P. G.; CHANG, S. T. Biología de las setas. Fundamentos básicos y acontecimientos actuales. Santafé de Bogotá, World Scientific, 1999. 206 p.
- MUEZ, M. A.; PARDO, J. La preparación del sustrato. In: Sanchez, J. E.; Royse, D. J. Eds. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México. Editorial Limusa, 2001. p. 157-186.
- MUSHWORLD. Mushroom Grower's Handbook 1. Oyster Mushroom Cultivation. Korea, MushWorld – Heineart Inc., 2004. 298 p.
- QUIMIO, T. H. Preparación de la semilla. In: Sánchez, J. E.; Royse, D. J. Eds. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México, Editorial Limusa, 2001. p 141-156.
- RAJARATHNAM, S.; BANO Z. Biological utilization of edible fruiting fungi. In: Arora, D.; Mukerji, K.; Math, E. Eds. Handbook of applied mycology. Foods and feeds. Volume 3. New York, Marcel Dekker, 1991. p. 241-292.
- RODRÍGUEZ V., N.; JARAMILLO L., C. Cultivo de hongos medicinales sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. *Boletín Técnico Cenicafé* No 28. Chinchiná. Caldas. 2005. 72 p.
- RODRÍGUEZ V., N.; JARAMILLO L., C. Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* en residuos agrícolas de la zona cafetera. *Boletín Técnico Cenicafé* No 27. Chinchiná. Caldas. 2005. 56 p.
- RODRÍGUEZ, N.; GÓMEZ, F.A. Cultive hongos comestibles en pulpa de café. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 285:1-8. 2001.
- RODRÍGUEZ, N.; ZULUAGA, J. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* en pulpa de café. *Cenicafé* 45(3):81-92. 1994.



SÁNCHEZ, J. E.; ROYSE, D. J. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México, Editorial Limusa, 2001. 290 p.

STAMETS, P. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Berkeley, Ten Speed Press, 1993. 552 p.

ZADRAZIL, F. Cultivation of *Pleurotus*. In: Chang, S. T. ; Hayes , W.A. Eds. The biology and cultivation of edible mushrooms. New York, Academic Press, 1978. pp. 521 – 557.

