

Proyecto: “Adaptación e implementación de cinco cepas de hongos comestibles en diferentes subproductos agrícolas para mejorar la productividad y competitividad de ASOFUNGICOL en el Huila”

---

# **PREPARACIÓN DE SUSTRATOS PARA HONGOS COMESTIBLES Y MEDICINALES**



## **PROTOCOLO**

**Realizado por:** Nelson Rodríguez Valencia  
Investigador Científico I. Cenicafé.  
Martha Liliana Araque Fonseca  
Servicios Profesionales. Cenicafé.  
Francenid Perdomo Perdomo.  
Servicios Profesionales. Cenicafé.

# PRESENTACIÓN

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 sustrato, elaborados a partir de los subproductos agrícolas más abundantes en el departamento del Huila e identificar las cepas de hongos de mayor rendimiento, facilitadas por el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), de forma que se mejore el proceso de cultivo de setas de los asociados.

De igual manera, se busca transferir a la Asociación todos los conocimientos relacionados con el manejo del material biológico y la producción de semilla comercial, por ser éste uno de los mayores obstáculos que han tenido los cultivadores.

El proyecto se realizó con la financiación del SENA, la Gobernación del Huila y la CAM, bajo la dirección técnica de Cenicafé.

En su desarrollo se utilizaron los laboratorios del Centro Agropecuario la Angostura perteneciente al SENA, Regional Huila, para la obtención de la semilla de los hongos y para el manejo postcosecha del cultivo.

La fase de campo se realizó en los cultivos de los asociados en los Municipios de Rivera, Garzón y Teruel, en el Departamento del Huila.

# TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>Características de los sustratos</b>	<b>4</b>
<b>Tamaño de partícula de los sustratos</b>	<b>6</b>
<b>Caracterización de los sustratos</b>	<b>7</b>
<b>Conformación de las mezclas</b>	<b>8</b>
<b>Adecuación de los sustratos</b>	<b>9</b>

## CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS



Subproductos agrícolas presentes en el Departamento del Huila

Las actividades agrícolas y agroindustriales generan gran cantidad de desechos que aparentemente no tienen ningún valor comercial pero que ocasionan contaminación ambiental. Dichos desechos son en su gran mayoría lignocelulósicos, los cuales pueden ser aprovechados en el cultivo de setas, dando solución al problema ambiental que estos ocasionan y generando alimento para consumo humano y subproductos de proceso que pueden utilizarse para alimentación animal.

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

- Disponibilidad suficiente y continua en las zonas del cultivo
- Conocimiento de sus características fisicoquímicas

- Regularidad en su composición fisicoquímicas
- Material fácilmente transportable y manejable
- Un precio de adquisición ventajoso
- Localización fácil y cercana
- Facilidades de almacenamiento

Las setas naturalmente crecen sobre partes de plantas vivas o muertas (como parásitos o como saprófitos), 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.

Las diversas especies de setas varían en su relativa habilidad para colonizar un sustrato lignocelulósico. Esta habilidad está influenciada por la naturaleza del sustrato, su tasa de crecimiento y de degradación del sustrato y finalmente, por la capacidad de fructificar y bioconvertir los residuos incomedibles en biomasa comestible.

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.

La caracterización fisicoquímica es importante para establecer los sustratos adecuados para el cultivo de los hongos, en especial la relación C/N. 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* es entre 40 y 80.

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.

## TAMAÑO DE PARTÍCULA DE LOS SUSTRATOS

Es recomendable que el tamaño de partícula de los sustratos esté entre 0.5 y 2 cm. Con este tamaño se han encontrado los mejores rendimientos de 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 en un desintegrador para obtener un tamaño de partícula inferior a 2 cm. 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. El cisco, la película plateada y la borra de café pueden utilizarse con el mismo tamaño de partícula con el que se generan.



Desintegrador- Picador para adecuar el tamaño de partícula



Tamaño de partícula

## CARACTERIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS

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



Secado de la pulpa de café

Con base en la caracterización de la relación C/N de los materiales con los que se desea elaborar los sustratos, se realiza el respectivo balance de materia, teniendo en cuenta las necesidades nutricionales de los hongos a cultivar y se obtiene la formulación apropiada de sustrato.

La formulación muestra las cantidades porcentuales en las que se deben mezclar los materiales para obtener un sustrato apropiado para el cultivo de una especie en particular.

Una vez realizada la mezcla, el sustrato se puede adecuar por vía anaerobia o por procesos térmicos, para el cultivo de los hongos.



Almacenamiento de los sustratos.

Los materiales secos deben almacenarse en sitios aireados y secos para evitar que se rehumedezcan e inicien procesos de descomposición. Para facilitar el almacenamiento se recomienda acopiar en costales de fibra el sustrato, previamente picado para optimizar el espacio de la zona de almacenamiento de sustratos y garantizar la calidad de los sustratos.

## CONFORMACIÓN DE LAS MEZCLAS

El siguiente paso consiste en pesar la materia prima y posteriormente mezclar los materiales, para ello es aconsejable realizar la mezcla sobre un piso de cemento o sobre un plástico si se dispone de piso en tierra.



Mezcla de materiales

Se extiende primero el subproducto de la formulación que esté en mayor cantidad y a continuación los que le siguen en peso, finalizando con el de la menor cantidad.



Tanque de hidratación de sustrato

Si el sustrato se adecua por tratamiento térmico es importante hidratar los materiales que estén en mayor proporción en la formulación, utilizando el agua necesaria para obtener los contenidos de humedad que requiere el hongo.

Se recomienda realizar esta hidratación con un día de anticipación

Una vez hidratado, el sustrato se empaqueta en bolsas de polipropileno, para el caso de los materiales que se van a esterilizar al vapor.

Cuando vaya a utilizarse la fermentación anaerobia para esterilizar el sustrato, solamente es necesario mezclar los materiales y empaquetarlos en costales de fibra para posteriormente llevarlos a los tanques de fermentación.



## ADECUACIÓN DE LOS SUSTRATOS

Los sustratos para el cultivo de los hongos ostra se pueden adecuar ya sea mediante una fermentación anaerobia o mediante un proceso térmico para garantizar la inocuidad de los sustratos y para evitar la competencia por los nutrientes, de hongos contaminantes que limite el crecimiento de las setas de interés.

### FERMENTACIÓN ANAEROBIA

Para la fermentación anaerobia o en frío los materiales deben ser picados a tamaño fino, de 2 a 5cm y deben retener el 70% de humedad.



Tanque para la fermentación anaerobia

El contenido de nitrógeno puede estar comprendido entre el 0.5 y 1.5%. Si el contenido es menor, los rendimientos pueden ser escasos y con un contenido mayor, la fermentación deriva en putrefacción. Este proceso se realiza en un recipiente grande de plástico preferiblemente, con agua limpia no contaminada, donde se sumerge el material a tratar, en una proporción de una parte de sustrato por 10 a 20 partes de agua, durante 8 a 15 días, aproximadamente.

El principio bioquímico de la operación se basa en que todos estos materiales al ser sumergidos en agua sufren una fermentación anaerobia por acción de las bacterias lácticas, principalmente cocos, presentes de forma natural.

## TRATAMIENTO TÉRMICO

Los sustratos para el cultivo de *Pleurotus* spp. son generalmente sometidos a semi-esterilización rápida, con inyección del vapor en la masa del producto para mantener la temperatura entre 90 y 95 °C, durante varias horas. Se elimina así, la fauna y la flora parásita o competidora y después se realiza un enfriamiento a 25 y 30 °C para luego hacer la inoculación con la semilla de siembra.



Canecas para la esterilización de los sustratos al vapor.

## ALMACENAMIENTO



*La selección de los sustratos, su correcto secado y el almacenamiento adecuado de los mismos, es la primera garantía de éxito en el cultivo de los hongos comestibles y medicinales.*

## PROTOCOLO

1. Disponer de los materiales frescos o secos para elaborar los sustratos.
2. Determinar la humedad de las materias primas y la relación C/N.
3. Para la determinación de la humedad, pesar 100 gramos de la muestra y colocar a secar en la estufa a 105°C hasta peso constante. Para la determinación del % de C, colocar a calcinar las muestras durante 2 horas a 550°C y para la determinación del % de N, utilizar el método Kjeldahl.
4. Obtener la formulación de los sustratos de acuerdo con los requerimientos de los hongos de interés.



Mezcla y empaque de sustratos

5. Si el sustrato se va adecuar por tratamiento térmico es preciso hidratar 1 día antes los materiales que estén en mayor proporción, en parte del agua que se adicionará a la mezcla.
6. Se coloca un plástico sobre el piso y sobre éste se extiende primero el subproducto de la formulación que esté en mayor cantidad y a continuación los que le siguen en peso, finalizando con el que está en la menor cantidad.
7. La mezcla se realiza con una pala hasta que el material quede homogéneo y luego se empaqa.

8. Si la adecuación del material es anaeróbica, los sustratos se empaican en costales de fibra limpios (se llenan hasta las  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad) y se amarran con fibra plástica. No es recomendable utilizar costales de fique porque se dificulta su limpieza después de la fermentación.



Fermentación anaerobia

9. Luego los costales se sumergen en agua limpia utilizando 11 litros de agua/kg de sustrato seco y se coloca un sobre peso que mantenga el sustrato en inmersión.
10. Si el sustrato contiene pulpa de café la fermentación debe realizarse por 2 semanas, en caso contrario su duración será de 1 semana.
11. Finalizado este tiempo los costales se retiran de las canecas y se colocan a escurrir, suspendidos, durante la noche.
12. Al día siguiente los costales se asperjan con una solución de vanodine al 5% y el sustrato queda listo para ser inoculado con la semilla comercial del hongo.



Ecurrido de sustratos

13. Si la adecuación del sustrato se realiza mediante tratamiento térmico, el material homogeneizado se empaqueta en bolsas de polipropileno de 1 ó 2 kg de capacidad y se esterilizan a  $121^{\circ}\text{C}$  ó  $95^{\circ}\text{C}$ , durante 1 a 5 horas respectivamente, y de esta forma el sustrato queda listo para ser inoculado con la semilla comercial del hongo.



Bolsas de polipropileno con el sustrato



Esterilización a vapor

## LITERATURA CONSULTADA

RODRÍGUEZ V., N. Cultivo de hongos comestibles. Apuntes del trabajo en laboratorio. Chinchiná, Cenicafé. Disciplina Química Industrial. 2001. 152 p.

RODRÍGUEZ V., N; JARAMILLO L., C. Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus*. Boletín Técnico Cenicafé N° 27: 1-56. 2005.

**Preparación de sustratos para  
hongos comestibles y medicinales**

Fotografía  
Archivo Cenicafé  
Archivo Proyecto

Diseño  
Martha Liliana Araque Fonseca  
Cenicafé  
Versión preliminar

Copyright © FNC –Cenicafé 2006

**CON EL APOYO DE:**

