

Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

AVANCES TECNICOS

285

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Marzo de 2001

CULTIVE HONGOS COMESTIBLES EN PULPA DE CAFÉ

Nelson Rodríguez-Valencia*; Fernando A. Gómez-Cruz**

Los hongos del género *Pleurotus*, conocidos también como hongos ostra y popularmente como orellanas, son potentes agentes biológicos que utilizan los residuos agrícolas no comestibles como sustratos, para producir alimentos para el consumo humano.



* Asistente de Investigación. Química Industrial. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Bacteriólogo y Laboratorista Clínico.

Ellos juegan un papel muy importante en la naturaleza ya que reducen la acumulación de materia orgánica que se origina como residuos del cultivo de los diferentes productos agrícolas, evitando que se conviertan en fuentes de contaminación ambiental y protegiendo de esta manera los recursos naturales (agua, suelo y aire).

Estos hongos son un alimento de excelente sabor y de alta calidad nutricional (su contenido de proteína oscila entre 25 y 35% de la materia seca), (13) por lo cual, se consideran ideales para ser utilizados en programas de seguridad alimentaria. Además, tienen propiedades biológicas como un alto contenido de fibra y bajo contenido de grasa, que los hace adecuados para dietas alimenticias (8).

La producción mundial de hongos comestibles fue en 1994 de 4'909.300 toneladas de las cuales 797.400 toneladas correspondieron a las diferentes especies de los hongos ostra (7).

El sustrato residual del cultivo de los hongos puede ser utilizado en la alimentación de rumiantes, ya que termina enriquecido con la proteína del hongo y delignificado por la acción bioquímica de éste (8). También puede utilizarse como sustrato para el cultivo de la lombriz roja, obteniéndose de esta manera, del cultivo integral de los hongos ostra sobre los residuos agrícolas un alimento para consumo humano (el hongo), alimento para consumo animal (la lombriz) y abono orgánico (el lombricompuesto) que se incorpora nuevamente al suelo permitiendo disminuir la aplicación de abonos químicos, potencializando así los rendimientos en la producción agrícola (12, 13).

GENERACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

Cada año se generan en el mundo alrededor de 50×10^9 toneladas de residuos agrícolas (8), constituidos básicamente por lignina y celulosa, que sólo pueden ser transformados en alimentos o en abono orgánico mediante la acción biológica de microorganismos, predominantemente bacterias, levaduras y hongos.

Durante el proceso de beneficio ecológico del fruto del café (9), el principal subproducto lo constituye la pulpa que representa el 40% del peso del fruto fresco (2). La producción anual de pulpa por hectárea año es de aproximadamente 2 toneladas. Si la pulpa de café no se maneja adecuadamente se convierte en una fuente de contaminación ambiental (10). La lombricultura permite la transformación eficaz de la pulpa de café en abono orgánico para ser utilizado en la producción de almácigos de café o para la explotación hortícola (3).

Cenicafé, con el fin de presentar alternativas de manejo y aprovechamiento de este subproducto que resulten atractivas para los caficultores colombianos, ha investigado durante 6 años sobre el cultivo de hongos del género *Pleurotus* en pulpa de café obtenida de un proceso de beneficio ecológico (4, 12, 13, 15).

Estos hongos presentan una alta eficiencia de conversión en proteína por unidad de área y por unidad de tiempo, muy superior a las fuentes de proteína animal (8).

Se conocen 39 especies de hongos del género *Pleurotus*, lo cual lo ca-

racteriza como un hongo muy versátil para ser cultivado sobre diferentes residuos agrícolas y en diferentes pisos térmicos (11, 12, 15). Su ciclo de cultivo es de 75 días, tiempo en el cual se recolectan 4 cosechas, obteniéndose la primera al mes de haberse hecho la siembra. En las investigaciones realizadas en Cenicafé se han estudiado las cepas de *Pleurotus pulmonarius*, *P. sajor-caju*, *P. ostreatus* y *P. florida*.

TECNOLOGÍA DE CULTIVO

Para establecer un cultivo de hongos del género *Pleurotus* en pulpa de café es necesario realizar 8 etapas a saber:

1. Producción del blanco o semilla del hongo
2. Adecuación del sustrato (pulpa de café)
3. Siembra del micelio del hongo (inoculación)
4. Incubación
5. Fructificación
6. Cosecha
7. Manejo postcosecha
8. Manejo de residuos

A continuación se detallan cada una de las etapas involucradas en el proceso de producción:

1. Producción del blanco o semilla

La semilla del hongo se obtiene a partir de cultivos puros que se mantienen criopreservados en agar y nitrógeno líquido (14) (Figura 1). De estos cultivos se transfiere el micelio a tubos de ensayo que contienen agares nutritivos (14), y de allí a cajas de Petri o botellas planas que contienen agar como sustrato, para in-

crementar el micelio (Figura 2). Luego se prepara la semilla utilizando granos de cereales (tales como el trigo, millo, cebada, sorgo o arroz). El procedimiento consiste en hidratar mediante calor el grano del cereal hasta una humedad del 45%, lo que en la práctica se consigue lavando el grano para retirarle impurezas, adicionar agua hasta cubrirlo y hacer la cocción hasta el consumo de la misma.

Seguidamente se llenan bolsas de polipropileno de calibre 2 (de 15,5cm x 23cm) que son resistentes al calor, con 500g del cereal

hidratado y se someten a esterilización durante 20 minutos a 121°C. El material se deja enfriar y luego se siembra el micelio multiplicado en el agar. En la parte superior de la bolsa se coloca un pedazo de algodón amarrado con fibra, para permitir el intercambio de aire y facilitar el crecimiento del micelio (10) (Figura 3). Esta etapa tiene una duración aproximada de tres semanas.

Al final de este tiempo el cereal queda completamente cubierto con el micelio del hongo (coloración blanca) y listo para ser utilizado. En caso de no utilizarse inmediatamente

debe refrigerarse a 4°C durante un período máximo de dos meses. En la actualidad existen laboratorios que ofrecen comercialmente esta semilla.

2. Adecuación del sustrato

La pulpa de café utilizada para el cultivo debe estar fresca (máximo 72 horas de despulpado), (Figura 4). La pulpa de café proveniente del beneficio ecológico presenta un alto contenido de azúcares (1, 9) que deben ser retirados, ya que interfieren el desarrollo micelial del hongo porque favorecen el establecimiento de otros microorganismos (bacterias y levaduras); por tanto, se hace necesaria una adecuación del sustrato.

Lo más recomendado, desde el punto de vista técnico y económico, es utilizar el sistema anaerobio. Para ello se empaqueta la pulpa fresca en costales de fibra a razón de 25kg/costal y se prensa, con el fin de retirar azúcares por vía mecánica y evitar la utilización de agua que incrementaría los residuos líquidos por tratar. El prensado se realiza con una prensa manual y hasta que se recolecten unos 8 litros de drenado (Figura 5).

Posteriormente se lleva el material prensado a una caneca, se le coloca un sobrepeso al costal (para evitar que flote), se adiciona agua hasta que cubra el costal y se deja durante 48 horas. Al cabo de este tiempo se retira el costal y se prensa de nuevo hasta recolectar unos ocho litros de drenado y se coloca a fermentar de la misma forma, adicionándole una solución de agua con benomyl en concentración de 160ppm, hasta que ésta cubra el material (4) (Figura 6). Esta fermenta-

Figura 1.
Cultivos puros de
Pleurotus sp.
mantenidos
en agar.



Figura 2.
Incremento de
micelio en
botellas con agar.



Figura 3.
Bolsas con cereal como sustrato en
el cual se sembró la semilla de
Pleurotus sp.



Figura 4.
Pulpa fresca concentrada
en una fosa.



Figura 5. Sistema sencillo de prensado de las bolsas con la pulpa



(aproximadamente 60) utilizando una lezna. De esta forma se proporciona al micelio condiciones físicas y de intercambio gaseoso que le aseguran su buen desarrollo.

4. Incubación

En esta fase se consigue que el micelio invada totalmente el sustrato. Se debe realizar en un cuarto cerrado, seco y oscuro. Las bolsas pueden acomodarse en estanterías metálicas, de madera, fabricadas con latas de guadua o colocarse directamente en el suelo (Figura 8).

Se recomienda espolvorear carbonato de calcio sobre las superficies de incubación para prevenir el asentamiento de hongos competidores y la presencia de insectos indeseados. Además, instalar una escotilla de ventilación que permita un cambio natural de aire, si el volumen ocupado por las bolsas es inferior al 10% del volumen del cuarto. Si el volumen es superior al 10%, se recomienda realizar cambios de aire a razón de 100m³ por tonelada de

Figura 6. Adición del fungicida a la pulpa prensada contenida en el costal de fibra



ción se realiza durante 10 días y es necesario que se mantenga el sustrato completamente sumergido. Finalizado este tiempo se realiza un tercer prensado con el fin de eliminar agua de la pulpa hasta obtener unos 6 litros de drenado, lo que asegura una humedad final en la pulpa del 80%, quedando el sustrato listo para la inoculación con la semilla del hongo.

Esta metodología es amigable con el medio ambiente por que con ella se emplean solamente 1,08 litros de agua por 1kg de sustrato fresco puesto a fermentar (4). Todos los residuos líquidos generados durante esta etapa deben ser tratados en los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio (SMTA) recomendados por Cenicafé (17), con el fin de evitar la contaminación.

3. Inoculación

Consiste en adicionar la semilla del hongo al sustrato ya preparado. Se debe realizar en un sitio cerrado, sobre un mesón previamente desinfectado con alcohol para evitar que se presente contaminación

en la fase de establecimiento micelial. La pulpa se retira de los costales y se extiende sobre el mesón y se le adiciona la semilla en una relación del 2% (2kg de semilla por cada 100kg de sustrato de siembra) (Figura 7). Se realiza la mezcla manual y se empacan aproximadamente 2kg en bolsas de polietileno de calibre 2, de 30cm x 40cm, teniendo cuidado de que el material quede bien compactado. Luego se amarra con fibra y se hacen perforaciones bien distribuidas alrededor de la bolsa



Figura 7. Inoculación del micelio del hongo en la pulpa utilizada como sustrato



Figura 8. Bolsas almacenadas en estanterías en el sitio de incubación.

sustrato/hora (5, 6), lo que en la práctica se consigue cambiando el aire del cuarto 2 veces/hora con la ayuda de un ventilador. La duración de esta etapa oscila entre 3 y 4 semanas, tiempo en el cual el sustrato se torna blanco.

5. Fructificación

Una vez el sustrato es invadido por el micelio del hongo es necesario cambiar las condiciones del cultivo, aumentando la humedad relativa y las condiciones de luminosidad para inducir la formación de los cuerpos fructíferos (hongos). Esta etapa se puede realizar en el mismo cuarto de incubación, si todas las bolsas están cubiertas por el micelio; de lo contrario debe destinarse un cuarto para esta etapa. Éste debe tener ventilación natural (contar con ventanillas inferiores que permitan la entrada del aire nuevo y un falso techo que permita su salida) o una renovación de aire inducida con ventiladores y piso en cemento, que permita mantener el cuarto húmedo.

La bolsa se abre (retirando la fibra) y se humedece al igual que el piso del cuarto, para con ello asegurar una humedad relativa superior al 90%. Debe permitirse la entrada de luz diurna. En esta etapa se recomienda hacer cambios de aire a razón de 350m³ por tonelada de sustrato (5, 6). En la práctica esto se consigue mediante cambios de aire de forma natural a través de la escotilla de ventilación, si el volumen ocupado por el sustrato es menor al 10% del volumen del cuarto de fructificación. En caso de que el volumen ocupado sea mayor que el 10% es necesario colocar un ventilador, que cambie 20 veces el volumen de aire del cuarto por hora. Aproximadamente

a la semana de proporcionar estas condiciones aparecen las primeras estructuras del hongo y en este momento se retira la bolsa por completo (Figura 10).

6. Cosecha

Los primeros hongos se cosechan aproximadamente al mes de haberse realizado la inoculación, (Figura 11).



Figura 9.
Cuarto de incubación
y/o de fructificación



Figura 10.
Aparición de las
primeras
estructuras del
hongo



Figura 11. Ostras
listas para
cosechar



La cosecha se realiza manualmente, haciendo un esfuerzo de torsión sobre la base del estipe (pie del hongo) para evitar contaminaciones posteriores en los puntos del sustrato donde creció el hongo.

La producción de las bolsas entra en un período de reposo (8 a 12 días) antes que se haga la segunda cosecha. Durante este tiempo se

deben disminuir los cambios de aire a 5 veces el volumen de aire del cuarto por cada hora. Se pueden recolectar entre 4 y 5 cosechas en la etapa de producción, que tiene una duración aproximada de 45 días (Figura 12).

El rendimiento del cultivo se mide en términos de eficiencia biológica, que se define como el peso en gramos de hongos frescos cosechados por cada 100 gramos de sustrato seco.

En estudios realizados en Cenicafé utilizando pulpa de café, se logró obtener eficiencia biológica media del 76,3% (76,3g de hongos frescos en 100g de sustrato seco) cuando se utilizó una cepa de *Pleurotus sajor-caju* (P161) y del 69% con *Pleurotus ostreatus* (PO4) (4). Del 54,4% con

Pleurotus pulmonarius (PO 184) (12), del 51,3% con *Pleurotus ostreatus* (PO Brasil) y del 48,1% con *Pleurotus florida* (PXX) (13).

7. Postcosecha

Los hongos cosechados se pueden utilizar directamente en la preparación de diferentes platos para el consumo humano. En la Tabla 1 se presenta un análisis bromatológico de dos variedades de *P. ostreatus* (13). Si los hongos cosechados no se con-

sumen inmediatamente deben conservarse en recipientes plásticos o bandejas de icopor cubiertas con papel vinilpel (cristalflex) refrigeradas durante máximo 10 días (Figura 13).

Si se desea conservar los hongos por largo tiempo se pueden preparar en conservas, utilizando una formulación de salmuera del 2,5% de sal y 0,15% de ácido cítrico (16) (Figura 14). En la Tabla 2 se presenta el análisis bromatológico realizado a una conserva de *P. ostreatus* (16).

Figura 12.
Hongo cosechado de las distintas bolsas



Tabla 1. Análisis bromatológico de 2 variedades de *P. ostreatus*.

Determinación	PO4	PO Brasil
Humedad (%)	90,25	92,19
Cenizas (% bs)	7,57	10,97
Grasas (% bs)	1,92	2,37
Nitrógeno (% bs)	6,07	6,69
Proteína (% bs)	26,59	29,3
Fibra (% bs)	9,17	8,74
E,L,N (% bs)	43,40	36,11
P (% bs)	0,90	1,40
K (% bs)	2,58	4,40
Ca (% bs)	0,02	0,04
Mg (% bs)	0,13	0,20
Fe (ppm)	98	340
Mn (ppm)	9	13
Zn (ppm)	85	166
Cu (ppm)	17	49

% bs: Porcentaje en base seca
E:L:N. Extracto libre de nitrógeno
Proteína: N x 4,38

Figura 13.
Hongo empacado en bandejas de icopor cubiertas con vinilpel



Figura 14.
Hongo en salmuera



8. Manejo de residuos

Durante la fase de adecuación de la pulpa se generan con esta metodología 1,43 litros de agua residual/kg de pulpa fresca, con una carga contaminante media en términos de DQO de 36.864ppm y un pH de 4,04 (4), la cual debe ser tratada en los SMTA recomendados por Cenicafé (17).

Los residuos sólidos generados en el proceso de cultivo representan, en base seca, el 31,6%. Es decir que por cada 100kg de pulpa seca que inicia el proceso se generan 31,64kg de sustrato residual (12, 13). Este sustrato residual puede utilizarse en la alimentación animal, ya que se encuentra parcialmente delignificado y enriquecido con la proteína del micelio. En la Tabla 3 se incluye una caracterización de la pulpa fresca y el sustrato residual del cultivo (12).

9. Rendimiento

Para una finca con una producción de 1000@ de café pergamino seco al año se generan 25 toneladas de pulpa fresca, la cual, utilizada como sustrato para el cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus*, puede producir 2 toneladas de hongos frescos.

Si el sustrato residual del cultivo de hongos se utiliza para el cultivo de la lombriz roja es posible producir 250kg de lombrices y 3,4 toneladas de lombricompuesto.

En Cenicafé se obtuvo una conversión de sustrato residual a lombricompuesto, en base seca, del 50,4% y éste, con humedad del 72,04% y un pH de 6,78 (12).

Tabla 2. Análisis bromatológico de una conserva de *P. ostreatus*. Cenicafé, Química Agrícola.1993.

Humedad (%)	90,87
Cenizas (% bs)	21,20
Grasas (% bs)	2,00
Nitrógeno (% bs)	3,81
Proteína (% bs)	16,69
Fibra (% bs)	8,16
E,L,N (% bs)	44,83
P (% bs)	0,42
K (% bs)	0,42
Ca (% bs)	0,02
Mg (% bs)	0,02
Na (% bs)	17,05
Fe (ppm)	140
Mn (ppm)	2
Zn (ppm)	10
Cu (ppm)	11

% bs: Porcentaje en base seca

E:L:N. Extracto libre de nitrógeno

Proteína: N x 4,38

Tabla 3. Caracterización físico-química de la pulpa de café antes y después del cultivo de los hongos. Cenicafé, Química Agrícola.1993.

Determinación	Pulpa fresca	Residuo
Humedad (%)	78,35	83,62
Cenizas (% bs)	6,89	8,34
Grasas (% bs)	2,39	1,58
Nitrógeno (% bs)	1,61	2,71
Proteína (% bs)	10,08	16,94
Fibra (% bs)	13,17	22,64
E,L,N (% bs)	67,48	50,50
P (% bs)	0,12	0,08
K (% bs)	2,69	2,24
Ca (% bs)	0,37	1,01
Mg (% bs)	0,11	0,17
Fe (ppm)	318	880
Mn (ppm)	37	101
Zn (ppm)	15	39
B (ppm)	27	62
Cu (ppm)	13	29
pH	4,04	5,92

% bs: Porcentaje en base seca E.L.N. Extracto libre de nitrógeno.

Proteína: N x 6,25

LITERATURA CITADA

1. ÁLVAREZ G., J. Despulpado de café sin agua. Avances Técnicos Cenicafé No. 164: 1-8. 1991.
2. CALLE V., H. Subproductos del café. Chinchiná, Cenicafé. 1977. 84 p. (Boletín Técnico No 6).
3. DÁVILA A., M.T.; RAMÍREZ G., C.A. Lombricultura en pulpa de café. Avances Técnicos. Cenicafé No 225: 1-11. 1996.
4. GÓMEZ C., F. A. Estudio del cultivo de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sajor caju* en pulpa de café. Universidad Católica de Manizales. Facultad de ciencias de la salud. Bacteriología. Manizales 1997. 150 p. (Tesis: Bacteriólogo y Laboratorista Clínico).
5. LABORDE, J.; DELMAS, J. Un nouveau champignon comestible cultivé. Le Pleurote 1: 631-652. 1974.
6. LABORDE, J.; DELMAS, J. Propositions pour une amélioration de la culture des *Pleurotus*. P.H.M. Revue Horticole. No 278, Juin-Juillet 1987.
7. MILES, P. G.; CHANG, S. T. Biología de las setas. Fundamentos básicos y acontecimientos actuales. World Scientific. 1 ed. en español. 1999. 206 p.
8. 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. Marcel Dekker, Inc. New York. 1991.
9. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DÁVILA A., M.T.; ÁLVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. Beneficio Ecológico del café. Chinchiná, Cenicafé. 1999. 300 p.
10. RODRÍGUEZ V., N. Investigación básica sobre el cultivo de hongos tropicales en residuos agroindustriales de la zona cafetera colombiana. Chinchiná, Cenicafé. Disciplina de Química Industrial, 2000. 90 p. (Experimento QIN-36-01)
11. RODRÍGUEZ V., N. Informe anual de actividades 1997 - 1998. Chinchiná, Cenicafé. Disciplina de Química Industrial, 1998. 71 p.
12. RODRÍGUEZ V., N.; ZULUAGA V., J. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* en pulpa de café. Cenicafé 45(3): 1994. 81-92 p.
13. RODRÍGUEZ V., N. Informe anual de actividades 1992 - 1993. Chinchiná, Cenicafé. Disciplina de Química Industrial, 1993. 91 p.
14. RODRÍGUEZ V., N. Métodos de preservación y propagación de cepas de hongos del género *Pleurotus*. Chinchiná, Cenicafé. Disciplina de Química Industrial, 1992. 61 p. (Experimento QIN-09-12).
15. RODRÍGUEZ V., N. Utilización de la pulpa de café para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm. Chinchiná, Cenicafé. Disciplina de Química Industrial, 1991. 70 p. (Experimento QIN-09-04).
16. SANZ C., L. A. Conservación Postcosecha y estudios de consumidor de hongos comestibles del género *Pleurotus*. Chinchiná, Cenicafé. Disciplina de Química Industrial, 1995. 94 p. (Experimento QIN-09-20)
17. ZAMBRANO F., D.; ISAZA H., J. D.; RODRÍGUEZ V. N.; LÓPEZ P., J. U. Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 26 p. (Boletín Técnico No. 20)

Edición: **Héctor Fabio Ospina Ospina**
Fotografía: **Gonzalo Hoyos Salazar**
Nelson Rodríguez V.
Diagramación: **Carmenza Bacca Ramírez**

CAFICULTOR

El cultivo de hongos comestibles le genera ingresos adicionales y un producto que de consumir, aumenta la calidad nutritiva de la alimentación, en su finca. Además, esta actividad puede realizarse por las personas que componen su familia

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Cenicafé

Centro Nacional de Investigaciones de Café

"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia

Tel. 506550 Fax. 504723

A.A. 2427 Manizales

cenicafe@cafedecolombia.com