

CULTIVO DE *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. EN PULPA DE CAFE

Nelson Rodríguez-Valencia*, Jaime Zuluaga-Vasco*

RESUMEN

RODRIGUEZ V., N.; ZULUAGA V., J. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* en pulpa de café. Cenicafé (Colombia). 45(3): 81-92. 1994.

En CENICAFE se investigó el cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. sobre pulpa de café proveniente de un despulpado sin agua. La pulpa fue fermentada anaeróbicamente durante 10 días, utilizando una relación de 1,58 litros de agua/kg de pulpa fresca. La eficiencia biológica media alcanzada en el cultivo fue de 54,40% y el rendimiento medio fue de 3,6 Kg de hongos frescos/m² de sustrato. Los residuos de la producción de los hongos se utilizaron para el cultivo de la lombriz roja *Eisenia foetida* Savigny. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede calcular que por cada tonelada de pulpa de café fresca (b.h.) se podrían obtener, en promedio, 82,10 kg de hongos frescos, 9,76 kg de lombriz roja y 135,30 kg de lombricomposto húmedo, por ciclo de cultivo, el cual es de aproximadamente 3 meses. La rentabilidad de la inversión en el cultivo de los hongos tratando los residuos generados es del 24%, por ciclo de producción.

Palabras claves: Beneficio de café, pulpa de café, despulpado sin agua, contaminación, hongos comestibles, *Pleurotus*, lombriz roja, lombricomposto.

ABSTRACT

The cultivation of *Pleurotus pulmonarius* was studied on coffee pulp from a coffee berry depulping process without water. The pulp was fermented anaerobically for 10 days using 1,58 L of water/kg fresh pulp. The mean biological efficiency of the cultivation was 54,4% and the mean yield was 3,6 kg of fresh mushrooms/m². Residues of the production were used to culture the red earthworm *Eisenia foetida* Savigny. From each 1000 kg of fresh coffee pulp a mean of 82,1 kg of fresh mushrooms, 9,8 kg of earthworms and 135,3 kg of moist earthworm compost was obtained for each production cycle of three months. The profitability of investment in this mushroom production method with its subproducts is 24% per production cycle.

Keywords: Coffee berry processing, coffee pulp, waterless depulping, edible mushrooms, *Pleurotus*, red earthworm, earthworm compost.

* Asistente de Investigación e Investigador Principal I hasta marzo de 1994. Química Industrial. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En Colombia se produjeron 2,4 millones de toneladas de pulpa de café fresca, en el año cafetero 1991-1992 (9). Su utilización como abono para los suelos, así como su empleo por la industria es limitado, por lo que se considera un desecho agrícola de bajo valor comercial.

Durante los últimos años, se han venido realizando numerosas investigaciones tendientes a desarrollar técnicas adecuadas para lograr un reciclaje rápido y rentable de la pulpa de café y minimizar de esta manera el deterioro del medio ambiente en la zona cafetera (3, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21). Entre estas se tiene el cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus*, debido a su habilidad para colonizar una amplia gama de residuos lignocelulósicos y de prosperar sobre un amplio rango de condiciones ambientales.

Los hongos del género *Pleurotus* son potentes agentes biológicos que convierten los residuos orgánicos no comestibles en alimentos humanos de buena palatabilidad. Además, ellos hacen posible la producción de alimentos independientemente del proceso de fotosíntesis. Su eficiencia de conversión en proteína, por unidad de área y por unidad de tiempo, es muy superior a las fuentes de proteína animal.

El sustrato agotado o ya degradado, una vez terminada la cosecha, representa un material muy abundante y con una amplia gama de posibilidades de utilización, tales como: alimentación de ganado (14), abono orgánico (16), acondicionador de suelos y sustrato para el cultivo de *Agaricus bisporus* (18).

La producción de hongos comestibles del género *Pleurotus* en el mundo, ha tenido un crecimiento vertiginoso en los últimos años. Para el período comprendido entre 1986 y 1989/90 el incremento de la producción fue del 437,90%. En el período 1989-1990, la producción fue de 909.000 toneladas, es decir, el 24,10% de la producción total de hongos co-

mestibles. Es el segundo género de hongos comestibles más cultivado en el mundo (5).

Varios investigadores han utilizado la pulpa de café como sustrato para el cultivo de hongos del género *Pleurotus*. Se han registrado valores de rendimiento para otras especies diferentes a *P. pulmonarius* (11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20). También se ha investigado el crecimiento de *Pleurotus* spp. sobre mezclas de pulpa de café con otros residuos agrícolas (17).

Varias clases de residuos agrícolas generados en la zona cafetera, como el bagazo de caña y la cascarilla de café, han sido utilizados para el cultivo de hongos del género *Pleurotus* (12, 17).

Otra aplicación del micelio de *Pleurotus* es su utilización para controlar algunas especies de nematodos así como bacterias de los géneros *Agrobacterium* y *Pseudomonas* (4).

En las primeras experiencias de cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre pulpa de café, en CENICAFE, se utilizó pulpa proveniente de un despulpado con agua. En esta operación, normalmente, se han utilizado 11 lt de agua/kg pulpa fresca (7), lo que genera un material muy lavado con el cual se alcanzó una eficiencia biológica del orden del 47,02% cuando se acondicionó la pulpa aeróbicamente, utilizando la metodología registrada por Martínez *et al* (15) y con una cepa de *Pleurotus ostreatus* proveniente del Brasil (20).

Cuando la pulpa se acondicionó anaeróbicamente siguiendo la técnica registrada por Lozano (14), se utilizó una relación de 1,5 lt de agua/kg de pulpa fresca y se obtuvo una eficiencia biológica del 30,58% con la misma cepa.

Las nuevas prácticas de beneficio investigadas en CENICAFE están encaminadas a prescindir del agua en la etapa de despulpado (1) y

a un manejo racional del recurso en todo el proceso de beneficio del fruto para una eficiente solución al problema de contaminación (23).

En los trabajos realizados en CENICAFE no se encontraron eficiencias biológicas por encima del 25% en el cultivo del hongo cuando se utilizó la técnica aeróbica con pulpa obtenida en el despulpado sin agua. Esto se debe a que durante la etapa de pasteurización del sustrato a 70°C, no se obtiene una eliminación completa de la carga microbiana la cual interfiere, posteriormente, en la etapa de incubación.

Tiempos de pasteurización más largos o temperaturas más altas favorecen una liberación de compuestos solubles (22), que son propicios para el asentamiento de otro tipo de microorganismos, perjudiciales para el cultivo, cuando éste no se incuba en condiciones completamente asépticas (8).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la eficiencia del cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre pulpa de café proveniente de un despulpado sin agua y fermentada anaeróbicamente.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en la estación experimental del Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, ubicada a 5°00" de latitud norte y 75°36" de longitud oeste, a una altitud de 1310 m.s.n.m., temperatura promedio anual de 21,6°C, humedad relativa media de 74,6%, precipitación anual de 2017,6 mm, 219 días lluviosos en el año y un brillo solar de 1856,5 horas anuales (6).

Cepa: Se utilizó una cepa Checoslovaca de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéll., conservada en nitrógeno líquido, registrada en el cepario como CP-184. El cultivo puro se multiplicó en cajas de petri con agar-extracto de malta.

Preparación del blanco: La producción del blanco se realizó sobre 250 g de semilla de trigo, sometidos a autoclave en frascos de vidrio de 12,5 cm x 6,5 cm a 121°C durante 20 minutos. La humedad del trigo estéril fue de 43,4% y el pH fue 6,20, el cual no fue ajustado. El trigo no se agitó durante el crecimiento micelial. La colonización total del trigo por el micelio del hongo ocurrió a los 20 días.

Preparación del sustrato: Inicialmente se prensaron 250 kilogramos de pulpa de café fresca (*Coffea arabica*), provenientes de un despulpado sin agua, a un valor de 3,5 atmósferas, siguiendo la técnica del doble prensado utilizada por Rolz (21). Luego se fermentaron en recipientes plásticos de 100 litros de capacidad que contenían una solución de benomyl a una concentración de 80 ppm. A los 10 días de fermentación la pulpa se prensó nuevamente para eliminar los excesos de agua y se inoculó con el blanco del hongo.

Inoculación: La inoculación se realizó en un cuarto cerrado, previamente desinfectado, en el cual la pulpa se mezcló con el blanco, a una tasa de 1,8% (b.h.), se empacó en bolsas plásticas transparentes de 20 cm de diámetro por 50 cm de largo con el fin de hacer un seguimiento al crecimiento micelial, perforadas con agujeros de 1 cm de diámetro separados cada 8 cm, e inmediatamente se empacó de nuevo en bolsas plásticas negras con el fin de reducir el riesgo de contaminación y mantener la humedad del sustrato.

Incubación: La incubación se realizó en otro cuarto con un área de 18 m², sin ningún tipo de control automático de las condiciones atmosféricas, con una temperatura media de 24,0°C (n = 20, CV = 5,17%) y una humedad relativa media de 64,0% (n = 20, CV = 11,31%). A los 20 días de incubadas las muestras se llevaron a la caseta de fructificación donde se retiraron las bolsas negras.

Cosecha: En la caseta de fructificación ventilada (8 ventanas), construida en material plástico y sin ningún tipo de control automático, con un área de 18 m², se trató de conservar una humedad relativa alta manteniendo húmedo el piso, la humedad relativa media fue de 87,4% (n = 55, CV = 15,32%), la temperatura media fue 23,6°C (n = 55, CV = 12,87%), y la luminosidad media de 702 lux (n = 55, CV = 51,54%)

Los valores de temperatura y humedad relativa corresponden a la media de los promedios diarios de las cartas generadas en un termohigrógrafo marca Haenni y fueron registrados durante todo el cultivo.

La luminosidad es la media de los promedios diarios (se realizaban 10 lecturas diarias, una cada hora, y se promediaban), la cual se determinó con un luxómetro digital DELTA OHM (rango 0,1lx a 199,9 klx) en la caseta de fructificación durante el tiempo de cosecha.

A los 75 días de realizada la siembra se desmontó el cultivo y el sustrato residual se utilizó para el cultivo de la lombriz roja *Eisenia foetida* Savigny.

El sustrato residual del cultivo de los hongos se destinó para el cultivo de la lombriz roja *Eisenia foetida* Savigny dado el interés creciente en la utilización de lombrices para la transformación de diversos residuos orgánicos, y al conocimiento del desarrollo de las lombrices en pulpa de café, transformándolos en un abono orgánico de calidad para el mejoramiento del suelo y el crecimiento de las plantas (3, 8).

Una de las mejores perspectivas de la utilización de las técnicas de lombricultura es la oportunidad de ofrecer una alternativa ecológica eficiente al problema de disposición de la pulpa de café, integrando varias actividades de la agroindustria cafetera en un sistema de aprovechamiento mutuo de recursos (3).

El cultivo de la lombriz roja se realizó en lechos contruidos en guadua, sobre una base de pulpa descompuesta de 1 Kg por cada 2,5 Kg de sustrato residual y utilizando 5.0 Kg lombriz pura/m² de lecho (8).

La terminología usada para la pulpa, en sus diferentes estados de descomposición, es la siguiente: Pulpa fresca (16 horas de generada), pulpa de siembra (después de fermentada y prensada), sustrato residual (sustrato que queda después de cosechar los hongos).

Para caracterizar el sustrato se realizaron las siguientes determinaciones:

- pH, % Humedad, % N, % de MO, % de Cenizas, % K, % Ca, % Mg, % P, C/N, % Carbohidratos solubles, % Proteína, % Grasas, % Fibra cruda.

Los análisis de la pulpa fueron realizados por la Disciplina de Química Agrícola de CENICAFE y los métodos empleados fueron:

pH: Potenciométrico 1:4; Cenizas: Incineración 475 °C; N: Semimicro Kjeldahl; MO: 100 - % cenizas; Humedad: Calentamiento en estufa a 60 °C hasta peso constante; Proteína: N x 6,25; K, Ca, Mg: Espectrofotometría de absorción atómica; P: Colorimétrico (fosfomolibdovanadato de amonio); Grasas: Soxhlet; Fibra cruda: Weende A.O.A.C.; Carbohidratos solubles: 100 - (% grasas + % proteína + % fibra cruda + % cenizas); C: MO/1.8.

Al lombricompuesto se le determinó el pH, el contenido de humedad y el porcentaje de conversión, calculado como: (materia seca lombricompuesto / materia seca residuo)* 100.

Al residuo líquido se le determinó el pH, y la DQO de acuerdo con el método descrito por la APHA (2).

Para evaluar la producción de la cepa de *Pleurotus pulmonarius* cultivado sobre pulpa de café se estimaron los siguientes parámetros: precocidad, eficiencia biológica (EB) y rendimiento, con 83 muestras. Cada muestra estaba constituida por una bolsa de pulpa de café inoculada, con un peso medio de 2,27 Kg.

La precocidad se definió como el tiempo que transcurre entre el día de la inoculación y el día en que aparecen los primeros carpóforos; la eficiencia biológica (EB) como la relación entre el peso fresco de los hongos cosechados y el peso seco del sustrato por 100, y el rendimiento como la relación entre el peso fresco de los hongos cosechados y el área ocupada por el sustrato.

El rendimiento en kg de hongos frescos/m² de sustrato es fundamental para realizar el análisis financiero del cultivo. En éste se tuvo en cuenta no sólo la rentabilidad en la producción de los hongos, sino también la ventaja de tratar el residuo sólido con lombrices y el costo de descontaminar las aguas residuales, provenientes de la fermentación del sustrato, por digestión anaeróbica, de acuerdo con las investigaciones adelantadas en CENICAFE.

RESULTADOS Y DISCUSION

La pulpa de café proveniente de un desulpado en seco tiene un alto contenido de compuestos fácilmente disponibles para una gran variedad de microorganismos (bacterias, levaduras, hongos). En esta microflora natural, que evoluciona de manera importante y rápida, se han identificado microorganismos celulolíticos, pectinolíticos y amilolíticos (10).

Al adecuar esta pulpa, anaeróticamente, con 1.5 lt de agua/kg pulpa fresca se encontró una gran cantidad de levaduras que interfirieron en el desarrollo del micelio de *Pleurotus* durante el proceso de cultivo. Se hizo, por

tanto, necesario eliminar una cantidad inicial de carbohidratos del sustrato que nos aseguran el establecimiento normal del micelio de *Pleurotus* sobre el mismo. Esta eliminación se realizó ejerciendo una presión directa sobre el sustrato fresco. Se prefirió esta práctica a la extracción sólido-líquido en la cual era necesario utilizar más agua y que conducía a un aumento del valor de 1,5 litros de agua/Kg de pulpa fresca (8).

La pulpa se prensó a un valor de 3,5 atmósferas y se fermentó anaeróticamente utilizando la mínima cantidad de agua que la cubriera, los valores encontrados fueron de 1,58 litros de agua/kg de pulpa fresca (n=33, CV=23,83%) y los residuos líquidos generados fueron del orden de 1,78 litros/kg de pulpa fresca (n=33, CV= 17,44%), con una DQO media de 42983 ppm (n=33, CV=23,99%) y un pH medio de 3,63 (n=33, CV=8,44%).

En la Tabla 1 se registran los resultados de un análisis físico-químico practicado a la pulpa inicial, la pulpa de siembra y el sustrato residual.

TABLA 1. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café utilizada como sustrato para el cultivo de *Pleurotus pulmonarius*.

Determinación	Pulpa fresca	Pulpa siembra	Sustrato residual
Peso fresco (kg)	2,87	2,27	1,27
Peso seco (kg)	0,68	0,43	0,22
pH	4,67	3,93	6,78
Humedad (%)	76,28	80,62	82,56
N (% bs)	1,14	ND	2,58
Proteína (% bs)	7,13	ND	16,13
MO (% bs)	88,78	ND	93,24
Cenizas (% bs)	11,22	ND	6,76
Grasas (% bs)	1,71	ND	3,68
Fibra (% bs)	11,75	ND	20,07
CHOS (% bs)	68,19	ND	53,36
K (% bs)	3,49	ND	1,66
Ca (% bs)	0,40	ND	0,86
Mg (% bs)	0,08	ND	0,18
P (% bs)	0,08	ND	0,06
C/N	43,27	ND	20,08

ND: Análisis no realizados

Los primeros brotes comenzaron a aparecer a los 32 días de realizada la siembra (Figura 1) y 5 días después se recolectó la primera cosecha. Se alcanzó a recolectar 5 cosechas (Figuras 2 y 3). La producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus pulmonarius* y los tiempos de ocurrencia de las cosechas se relacionan en la Tabla 2. El rendimiento del cultivo fue de 3,6 kg de hongos frescos/m² sobre 34 kg de sustrato de siembra/m².

No se conocen trabajos similares de cultivo de *Pleurotus pulmonarius* en pulpa de café. Si se comparan los resultados (EB media 54,40%) con los obtenidos por otros investigadores uti-

lizando cepas de otras especies de *Pleurotus* en pulpa de café, se encuentra que las eficiencias obtenidas son inferiores a las registradas en México por Guzmán y Martínez (11) las cuales pueden considerarse excepcionales. Ellos obtuvieron valores del 175,80% con la cepa Inireb-4 de *Pleurotus floridanus*, 159,95% con la cepa Inireb-8 de *Pleurotus ostreatus* y 128,12% con la cepa Inireb-38 de *Pleurotus sajor-caju*; Martínez *et al* (15) registran eficiencias del 132,10% con la cepa Inireb-8 y 58,75% con la cepa Inireb-20, ambas de *Pleurotus ostreatus*. Estos autores obtuvieron estos resultados con humedades en la pulpa de siembra de 88,9%.

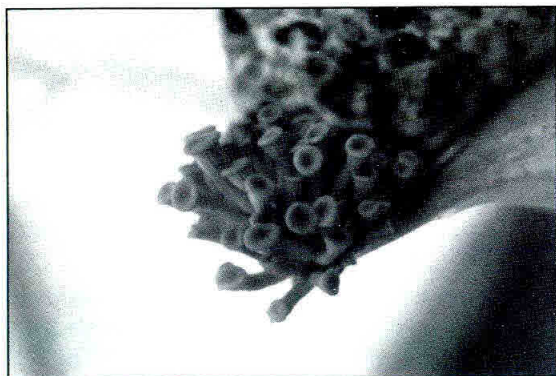


Figura 1. Primordios de *Pleurotus pulmonarius*.



Figura 2. Carpóforos jóvenes de *Pleurotus pulmonarius*.

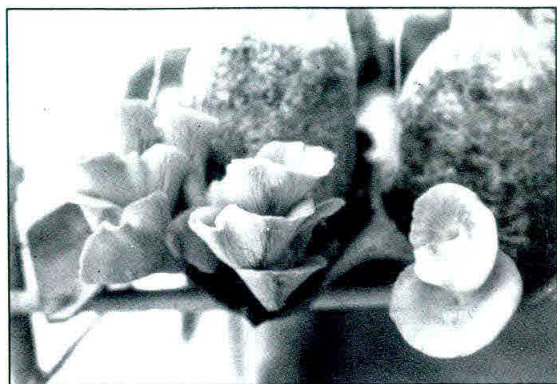


Figura 3. Carpóforos maduros de *Pleurotus pulmonarius*.

TABLA 2. Producción de cuerpos fructíferos frescos de *Pleurotus pulmonarius**

	Cosechas					Producción total (g)	Rendimiento kg/m ²	Eficiencia biológica (%)	Precocidad (días)
	1a	2a	3a	4a	5a				
Peso (g)	62,57	82,09	57,79	25,46	6,71	234,62	3,60	54,40	31,7
						CV	CV	CV	CV
Tiempo (días)	37	47	56	65	74	31,33%	27,16%	28,17%	15,33%

* En todos los casos el valor es el promedio de 83 repeticiones.

En los trabajos realizados en Cenicafé, se han encontrado inconvenientes en el manejo del sustrato con humedades superiores al 84,0%, debido al desarrollo de fermentaciones anaeróbicas, que permitieron el asentamiento de microorganismos contaminantes.

Humedades por encima del 80,0% predisponen el sustrato para el crecimiento bacteriano acompañado por contaminaciones de hongos tales como *Coprinus* sp, *Pluteus* sp, etc (18).

En Guatemala, también con pulpa de café, Morales (17) encontró eficiencias del 41,30% con la cepa R-39 de *Pleurotus flabellatus*. En Ecuador, Izurieta (13) eficiencias del 68,40% y 80% con las cepas PO4 y PO2 de *Pleurotus ostreatus*. En Colombia, Restrepo (19) y Lozano (14) eficiencias del 55,70%, y el 43%, respectivamente, utilizando cepas de *Pleurotus ostreatus*.

En general, la eficiencia biológica obtenida en el presente trabajo en condiciones ambientales, se considera dentro del promedio registrado en la literatura con otras especies de *Pleurotus*. Es claro que en la medida que se tenga más control sobre las condiciones del cultivo, estas eficiencias serán más altas.

El crecimiento de las especies de *Pleurotus* produce, después del período de cosecha, varios cambios (tanto cualitativos como cuantitativos), en los diferentes constituyentes de los residuos lignocelulósicos.

La pérdida de materia orgánica es el criterio más simple adoptado para evaluar la extensión de la degradación del sustrato, ya que concomitante con el crecimiento y fructificación de los hongos sobre los residuos lignocelulósicos, se presenta un decremento en el contenido de materia orgánica. Esto es debido a las pérdidas de CO₂ y H₂O durante el metabolismo de los hongos y también a la remoción de materiales del sustrato por la formación de los cuerpos fructíferos. Estas pérdidas, en general, son más grandes durante la fructificación que durante la incubación, lo que evidentemente indica la alta tasa de actividad catabólica de los hongos durante la fructificación, asociada con la actividad anabólica de formación de cuerpos fructíferos (18).

Es importante resaltar, al comparar los análisis químicos de la pulpa fresca y del residuo (Tabla 1), el aumento en el contenido de proteína del sustrato residual debido a las pérdidas de materia seca en forma de CO₂ del sustrato y al micelio de *Pleurotus* que queda aún presente en este.

Los incrementos en el contenido de fibra, grasa cruda, Ca y Mg en el residuo, respecto a la pulpa fresca (Tabla 1), se deben a las pérdidas de compuestos solubles durante la fase de fermentación del sustrato y a las pérdidas de materia seca de este durante la fase de respiración del hongo, que hace que los valores de estos parámetros se concentren. Además en el caso de la grasa, hay que tener en cuenta la contribución, aunque pequeña, de los compuestos grasos del micelio presente en el residuo. Tendencias similares fueron registradas por Restrepo (19).

Aunque los hongos del género *Pleurotus* son capaces de degradar los compuestos lignocelulósicos, se presenta un incremento en el contenido de fibra cruda casi al doble, al pasar del 11,75% en la pulpa fresca al 20,07% en el residuo. Sin embargo, los datos muestran, al analizar el balance de materia condensado en la Tabla 3 y los contenidos de fibra cruda en la Tabla 1, que por cada 11,75 g de fibra cruda en la pulpa inicial, se obtienen 6,35 g en el residuo, es decir, el 46% de la fibra inicial es degradada por estos hongos.

También se observa una disminución en el contenido de cenizas entre la pulpa fresca y el residuo, que pasa del 11,22% al 6,76%, debido a las pérdidas por lixiviación durante los prensados del sustrato y a la asimilación de elementos metálicos y no metálicos, esenciales para el crecimiento y formación de los cuerpos fructíferos de los hongos, durante las fases de incubación y fructificación.

Se nota una disminución en el contenido de P y K debido a la asimilación de estos elementos por parte de los hongos, los cuales tienen un alto contenido de potasio y fosfatos asimilables. Tendencias similares fueron reportadas por Restrepo (19).

La relación C/N del residuo disminuye a un poco menos de la mitad, con relación a la de la pulpa fresca, debido a las pérdidas de compuestos de carbono durante la fase de fermentación del sustrato y al incremento de nitrógeno en el residuo, por la presencia de micelio de *Pleurotus*. Se da así la posibilidad de reutilizar este residuo, con una suplementación previa, para el cultivo de *Agaricus bisporus* (18).

TABLA 3. Balance de materia en el cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre pulpa de café, a partir de pulpa fresca (Base seca)

Pérdidas durante la fermentación anaeróbica (%)	Producción de cuerpos fructíferos (%)	Pérdidas en el cultivo de los hongos (%)	Sustrato residual del cultivo (%)
36,46 n = 33 CV = 16,95%	3,46 n = 83 CV = 28,17%	28,45 n = 83 CV = 18,09	31,64 n = 83 CV = 16,30
Pérdidas en el lombricultivo (%)	Producción de biomasa de lombrices (%)	Producción de lombricompuesto (%)	
14,99 n = 16 CV = 30,13	0,70 n = 16 CV = 26,54	15,95 n = 16 CV = 29,88	

El sustrato residual del cultivo de los hongos se utilizó con resultados satisfactorios en el cultivo de la lombriz roja. Este residuo representó el 49,79%, en base seca, de la pulpa de siembra.

El hecho de que este sustrato se encuentre parcialmente degradado por el cultivo de *Pleurotus* favoreció el tiempo de descomposición por parte de la lombriz, el cual fue menor que el encontrado cuando se utilizó la pulpa de siembra (20 días para el residuo y 25 días para la pulpa de siembra). Es de resaltar el alto contenido de fibra cruda en el residuo, 20,07% (Tabla 1), ya que la lignina, compuesto que la lombriz no metaboliza, asociada a la celulosa, se convierte en una barrera para que los animales puedan utilizar la energía que necesitan para sus funciones vitales. El alto contenido de fibra presente en el lombricompuesto puede ser ventajoso para utilizarlo en la industria farmacéutica, tal como lo expresa Aranda (3).

El pH del lombricompuesto fue 6,78, la humedad del 72,04% y el porcentaje de conversión sustrato-lombricompuesto del 50,40%, en base seca.

En la Tabla 3 se muestra el balance de materia, en base seca, del cultivo de *Pleurotus pulmonarius* a partir de pulpa fresca y en la Figura 4 el balance de materia, en base seca, para la producción de *Pleurotus pulmonarius*, a partir de la pulpa de siembra. El balance muestra que el 5,44% se transforma en cuerpos fructíferos, el 44,77% se pierde como CO₂ y agua de descomposición y el 49,79% lo constituye la pulpa residual.

En la Figura 5 se muestra el balance global de materia, en base seca, integrando el tratamiento del sustrato residual mediante la utilización de la lombriz roja. Las pérdidas durante el proceso de adecuación anaeróbica de la pulpa de café ascienden al 36,46%, el hongo cosechado es el 3,46%, las pérdidas durante el cultivo

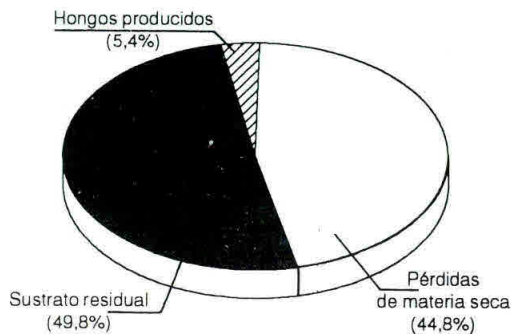


Figura 4. Balance de materia del cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Base seca).

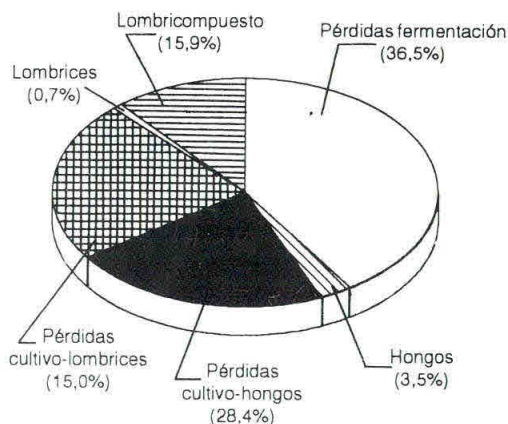


Figura 5. Balance de materia global del cultivo integral de *Pleurotus pulmonarius* (Base seca).

representan el 28,45%, el sustrato residual constituye el 31,64%, el cual mediante la utilización de la lombriz roja se transforma así: 14,99% que se pierde en el proceso de lombricultivo, 0,70% que pasa a formar parte de la biomasa de lombrices y el 15,95% lo constituye el lombricompuesto obtenido.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en esta investigación, se puede calcular que por cada tonelada de pulpa de café fresca, en base húmeda, se podrían obtener en promedio 82,10 kg de hongos frescos, 9,76 kg de lombriz roja y 135,30 kg de lombricompuesto húmedo, por ciclo de cultivo de 3 meses (Figura 6).

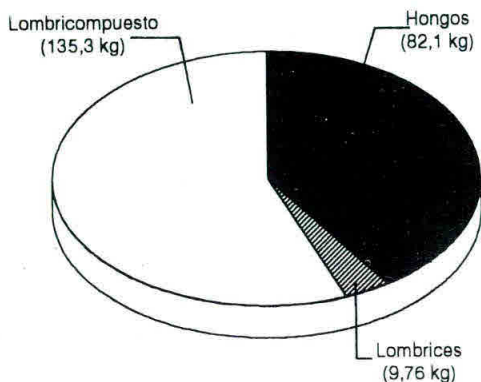


Figura 6. Balance de materia global del cultivo de *Pleurotus pulmonarius*, por cada tonelada de pulpa de café fresca (Base húmeda).

En la Tabla 4 se presenta el análisis financiero para el cultivo integral de *Pleurotus pulmonarius*, a las condiciones ambientales de CENICAFE, sin ningún tipo de control automático, en la cual se calcula que la rentabilidad de la inversión es del orden del 24%.

AGRADECIMIENTOS

A la Tecnóloga Química en Productos Vegetales Luz Adriana Sanz Cardona quien se encargó de la producción del blanco de *Pleurotus pulmonarius*.

TABLA 4. ANALISIS FINANCIERO DEL CULTIVO DEL HONGO *Pleurotus pulmonarius* POR m² DE SUSTRATO Y CICLO DE PRODUCCION DE 3 MESES (PRECIOS DE JUNIO DE 1994)

Componentes del análisis	Cantidad	Costo e Ingreso en \$
Mano de obra (Jornales):		
Preparación pulpa	0,4	1974
Siembra del hongo	0,3	1481
Cosecha del hongo	0,7	3455
Tratamiento residuos	0,2	987
Total mano de obra (A)		7897
Materias primas:		
Pulpa de café (Kg)	47,00	1268
Semilla de hongo (Kg)	0,34	421
Lombriz roja pura (Kg)	0,85	14198
Lombricompuesto (Kg)	4,56	503
Insumos (Varios)		778
Total materias primas (B)		17168
Depreciación infraestructura (C)*		635
Tratamiento aguas residuales (Kg DQO)(D)	2,85	290
Costo cultivo de hongos (A+B+C+D)		25990
+ Interés inversión (3 meses, 36% anual)		2340
Costo total (E)		28330
Productos obtenidos (en 3 meses):		
Hongos comestibles (3,6 Kg/m ²)(Kg)	3,60	12800
Lombriz roja (Incremento del 50%)(Kg)	1,28	21370
Lombricompuesto (Kg)	8,98	990
Total ingreso (F)		35160
Ingreso neto (F - E)		6830
Rentabilidad inversión (F - E)/E)*100 en 3 meses		24%

* Caseta de cultivo construida en ferroconcreto cubierta en plástico (\$ 400000 en enero de 1991), duración 5 años, 3,5 ciclos de cultivo/año, 80 m² de área de cultivo.

Al doctor Gerardo Chamorro Trejos, por su asesoría en la evaluación financiera del cultivo.

A la doctora Esther Cecilia Montoya Restrepo, por su asesoría estadística y la revisión del contenido.

LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, J. Desulpado de café sin agua. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1991. 6 p. (Avances Técnicos Cenicafé N^o 164).
2. APHA, AWWA, WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid (España), Ediciones Díaz de Santos, 1992. 1914 p.
3. ARANDA, E. El vermicompostaje: Una nueva alternativa para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. In: Seminario Internacional Sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetera, 2. Manizales (Colombia), 4-7 de Noviembre de 1991. Resúmenes. 10 p.
4. BARRON, G. L.; THORN, R. G. Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. Canadian Journal of Botany (Canadá) 65: 774-778. 1987.
5. CHANG, S. T. Mushroom biology and mushroom production. Mushroom Journal for the Tropics (China) 11(3-4): 45-52. 1991.
6. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Anuario Meteorológico 1992. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1993. 388 p.
7. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. DISCIPLINA DE INGENIERIA AGRICOLA. CHINCHINA. COLOMBIA. Fundamentos del Beneficio del Café. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1991. 236 p.
8. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. DISCIPLINA DE QUIMICA INDUSTRIAL. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe anual octubre de 1991 - Septiembre de 1992. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1992. s.p.
9. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. División de Investigaciones Económicas. Estadísticas cafeteras. Economía Cafetera (Colombia) 23(1):1-8. 1993.
10. GAIME, I.; ZULUAGA, J.; SAUCEDO, G. Microflora Naturelle de la Pulpe de Cafe. In: SEMINARIO Internacional Sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetera, 2. Manizales (Colombia), 4-7 de Noviembre de 1991. Resúmenes. 13 p.
11. GUZMAN, G.; MARTINEZ, D. El cultivo de los hongos comestibles sobre la pulpa de café en Méjico. In: Simposio Internacional Sobre La Utilización Integral de los Subproductos de Café, 3. Guatemala, 16-18 de Febrero de 1987. Memorias. pp. 68-75.
12. GUZMAN, L.; SOTO, C.; MARTINEZ, D. El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Pleurotus* en Jalisco. Revista Mexicana de Micología (México) 3:79-82. 1987.
13. IZURIETA, B. Pruebas preliminares de producción de esporocarpos de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café. In: Seminario Internacional Sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetera, 2. Manizales (Colombia), 4-7 de Noviembre de 1991. Resúmenes. 2 p.
14. LOZANO, J. C. Producción comercial del champiñón *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café. Fitopatología Colombiana (Colombia) 14(2): 42-47. 1990.
15. MARTINEZ, D.; GUZMAN, G.; SOTO, C. The cultivation of *Pleurotus ostreatus* on agricultural-wastes. IV. The effect of fermentation of coffee pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in México. Mushroom Newsletter for the tropics (China) 6: 21-28. 1985.
16. MARTINEZ, D.; MORALES, P.; SOBAL, M. Producción de hongos comestibles sobre pulpa de café a nivel comercial. In: Seminario Internacional Sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetera, 1. Puebla (México), 4-7 de Noviembre de 1989. Memorias. pp. 177-184.
17. MORALES, E. L. Producción de *Pleurotus flabellatus* utilizando desechos agroindustriales. In: Simposio sobre Fermentaciones en Sustratos Sólidos. Tegucigalpa (Honduras), 2-4 agosto de 1982. Resúmenes. pp. 7.1 - 7.34.

18. RAJARATHNAM, S.; BANOZ. Biological Utilization of Edible Fruiting Fungi. In: ARORA, D.; MUKERJI, K.; MARTH, E. (Eds). Handbook of Applied Mycology. V. 3. Foods and Feeds. New York (Estados Unidos), Marcel Dekker. 1991. pp. 241-292.
19. RESTREPO, J.A. Caracterización química de pulpa de café colombiano antes y después de emplearla como sustrato en la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Medellín (Colombia), Universidad de Antioquia, 1990. 43 p. (Tesis para optar el título de Químico).
20. RODRIGUEZ, N.; ZULUAGA, J. Cultivo de *Pleurotus* spp. en pulpa de café. In: Seminario Internacional Sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetera, 2. Manizales (Colombia), 4-7 de Noviembre de 1991. Poster. 1 p.
21. ROLZ, C. Producción de Biomasa de Productos Renovables. I. Obtención de Jugo de Pulpa de Café. Guatemala (Guatemala), ICAITI, 1978. pp. 78-118. (Informe Técnico ICAITI).
22. ZADRAZIL, F. Cultivation of *Pleurotus*. In: CHANG, S. T.; HAYES, W. A. (Eds). The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. New York (Estados Unidos), Academic Press, 1978. pp. 521-555.
23. ZULUAGA, J.; ZAMBRANO, D. Manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café para el control de la contaminación. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1993. 4 p. (Avances Técnicos Cenicafé N° 187).