

Tecnología industrial y preindustrial

Cultivo de *Pleurotus ostreatus* var. Florida sobre dos residuos agroindustriales¹

Mario J. Verdecia-García,* Rosa Catalina Bermúdez-Savón,** Felipe Martínez-Suárez,* Isis Gutiérrez,** * * * Délima Navarro-Ocaña,* Alexei Yero-Guevara* y Jorge Luis Ramajo-Destrades*

Resumen

Con la finalidad de aprovechar la pulpa de café como sustrato en la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus ostreatus* F. en condiciones rurales para disminuir la contaminación que esta produce al medio ambiente, se realizó el presente trabajo en los laboratorios y la planta de investigación-producción de hongos comestibles de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, Tercer Frente, provincia de Santiago de Cuba, entre diciembre de 2008 y febrero de 2009. Se utilizó la pulpa de café (*Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner), con la finalidad de valorar las condiciones para el cultivo del hongo: humedad relativa y temperatura, determinar la eficiencia biológica, el rendimiento y la precocidad de la producción de las setas en los dos sustratos. Se caracterizó el sustrato, el *Pleurotus ostreatus* F., el sustrato remanente y la bioconversión que se alcanza en el proceso del cultivo. Se comprobó que es posible cultivar el hongo sobre pulpa de café como sustrato; se alcanza la mayor eficiencia biológica y rendimiento sobre la pulpa de *C. arabica*. Los hongos obtenidos en ambos sustratos presentan características similares y adecuados niveles de proteínas, grasas y minerales. El sustrato utilizado se convierte a cuerpos fructíferos en un porcentaje aceptable al alcanzar el 34,7 % sobre pulpa de *C. arabica* y el 20,15 % sobre pulpa de *C. canephora*. El sustrato remanente de *C. arabica* y de *C. canephora* mostró buen contenido proteico y bajo contenido de taninos, lo que permite su empleo como alimento animal.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, pulpa de café, medio ambiente, residuos, hongos.

Abstract

With the purpose of taking advantage of the coffee pulp as substratum in the edible mushrooms production from *Pleurotus ostreatus* F. gender under rural conditions to diminish the contamination that this takes place to the environment, the work was carried out in the laboratories and the investigation plant-production of edible mushrooms of the Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, Tercer Frente, Santiago de Cuba province, between December of 2008 and February of 2009. Coffee pulp (*Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* Pierre ex Froehner) was used to value the cultivation of the mushroom conditions: relative humidity and temperature, to determine the biological efficiency, the yield and the production precocity of the mushrooms in both substrata. Substratum, *Pleurotus ostreatus* F., remainder substratum and the bioconversion that it is reached in the process of the cultivation were characterized. Was proven that it is possible to cultivate the mushroom it has more than enough pulp of coffee as substratum; it is reached the biggest biological efficiency and yield on the *C. arabica* pulp. The mushrooms obtained in both substrata present characteristic similar and appropriate levels of proteins, fats and minerals. The substratum used becomes to fruitful bodies an acceptable percentage when reaching 34.7 % it has more than enough pulp of *C. arabica* and 20.15 % it has more than enough *C. Canephora* pulp. The remainder substrata used showed good proteic content and low content of tannins, what allows their employment as animal food.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, coffee pulp, environment, residuals, mushrooms.

¹ Recibido: 19/9/2012

Aprobado: 29/5/2013

* Estación Esración Experimental Agro-Forestal Tercer Frente. beneficio3@tercerfrente.inaf.co.cu

** Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI)

*** Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)

Introducción

En Cuba el café constituye uno de los cultivos tradicionales, de significativa importancia económica como rubro exportable por su alta demanda en el consumo nacional, y sobre todo, en las zonas montañosas donde se desarrolla. El principal subproducto de este cultivo es la pulpa de café que representa el 40 % del peso de la cereza, la cual es poco utilizada. Esta posee sustancias químicas atractivas para la alimentación (azúcares libres, proteínas, hemicelulosa, celulosa), pero a su vez contiene sustancias con posibles efectos antifisiológicos (cafeína, ácido caféico, fenoles libres, polifenoles, es decir, taninos hidrolizables y condensados) (Braham y Bressani, 1979 y Martínez-Carrera *et al.*, 1989).

En los últimos años se ha incrementado el interés por el aprovechamiento integral de este residual que permita disminuir sensiblemente la contaminación que produce. Entre las diferentes vías para su aprovechamiento se ha utilizado la obtención de abono orgánico, en alimentación animal y producción de biogás (Bermúdez, 1995; Soto-Velazco y Arias, 2004).

Una de las alternativas que se ha desarrollado para la utilización eficiente de la pulpa de café es empleándola como sustrato en el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* F. (Martínez-Carrera, 1989; Martínez-Carrera *et al.*, 2000 y Chang y Miles, 2004), siendo estos hongos superiores potentes agentes biodegradadores de sustratos lignocelulósicos (Barba y col., 1992; Martínez-Carrera, 1987; Andrade, 1996; Salmones *et al.*, 2005 y Cayetano y Bernabé, 2008) en alimentos de buena palatabilidad, con grandes ventajas en comparación con otros procesos, como el de hacer posible la producción de alimentos, independientemente del proceso de fotosíntesis por la eficiente conservación de proteína por unidad de área y de tiempo, y por ser superior a otras fuentes de proteína animal.

Por otra parte, el sustrato agotado o ya degradado, una vez terminada la cosecha de los hongos, representa un material abundante con una amplia gama de posibilidades de utilización, tales como alimentación animal, abono orgánico, producción de biogás, acondicionador de suelos, lombricultura y otros (ICIDCA, 1998; Martínez-Carrera *et al.*, 2000).

Esto demuestra que el desarrollo de esta tecnología posibilita un manejo de sistema de producción sostenible en el proceso biotecnológico que se aplica para

la conversión de los residuos, siendo económicamente viable y rentable, y se disminuye la contaminación contribuyendo a la solución de los problemas ambientales que generan estos residuos. En la *tabla 1* se observa el nivel de biodegradación que proporciona el cultivo de los hongos *Pleurotus* sobre la pulpa de café (Martínez-Carrera, 1989).

Estos elementos nos llevaron a realizar el estudio aprovechando la pulpa de café como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en condiciones rurales.

Tabla 1. Descomposición aproximada de la pulpa de café por el cultivo de *Pleurotus* (Martínez-Carrera, 1989)

Parámetro	Cantidad (%)
Agua y dióxido de carbono	56
Cuerpos fructíferos	17
Sustrato remanente	27

Materiales y métodos

Las experiencias se desarrollaron en los laboratorios y la planta rural de producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, de la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, Tercer Frente, situada a 150 msnm, provincia de Santiago de Cuba, considerando la tecnología desarrollada hasta el momento por el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) (Gutiérrez *et al.*, 1996), el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) de la Universidad de Oriente, la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao (Bermúdez *et al.*, 1995) y otros países del área (Guzmán *et al.*, 1993; ICIDCA, 1998; Martínez-Carrera, 1989 y Martínez-Carrera *et al.*, 1989).

Se partió de un inóculo de primera generación donado por el ICIDCA, al CEBI y la ECICC de la cepa híbrida *Pleurotus ostreatus* x *Pleurotus ostreatus* var. Florida (ICIDCA-184), la cual está conservada en el cepario del CEBI sobre un medio de cultivo de malta con agar a 6 °C. Esta cepa está adaptada a condiciones tropicales (Gutiérrez *et al.*, 1996 e ICIDCA, 1998). Se utilizó como sustrato la pulpa de café de las especies *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, deshidratada al sol du-

rante 5-6 días, tomada durante noviembre de la cosecha de 2008, en la despulpadora Filé, municipio de Tercer

Frente, provincia de Santiago de Cuba, y se empleó la tecnología siguiente (Fig. 1).

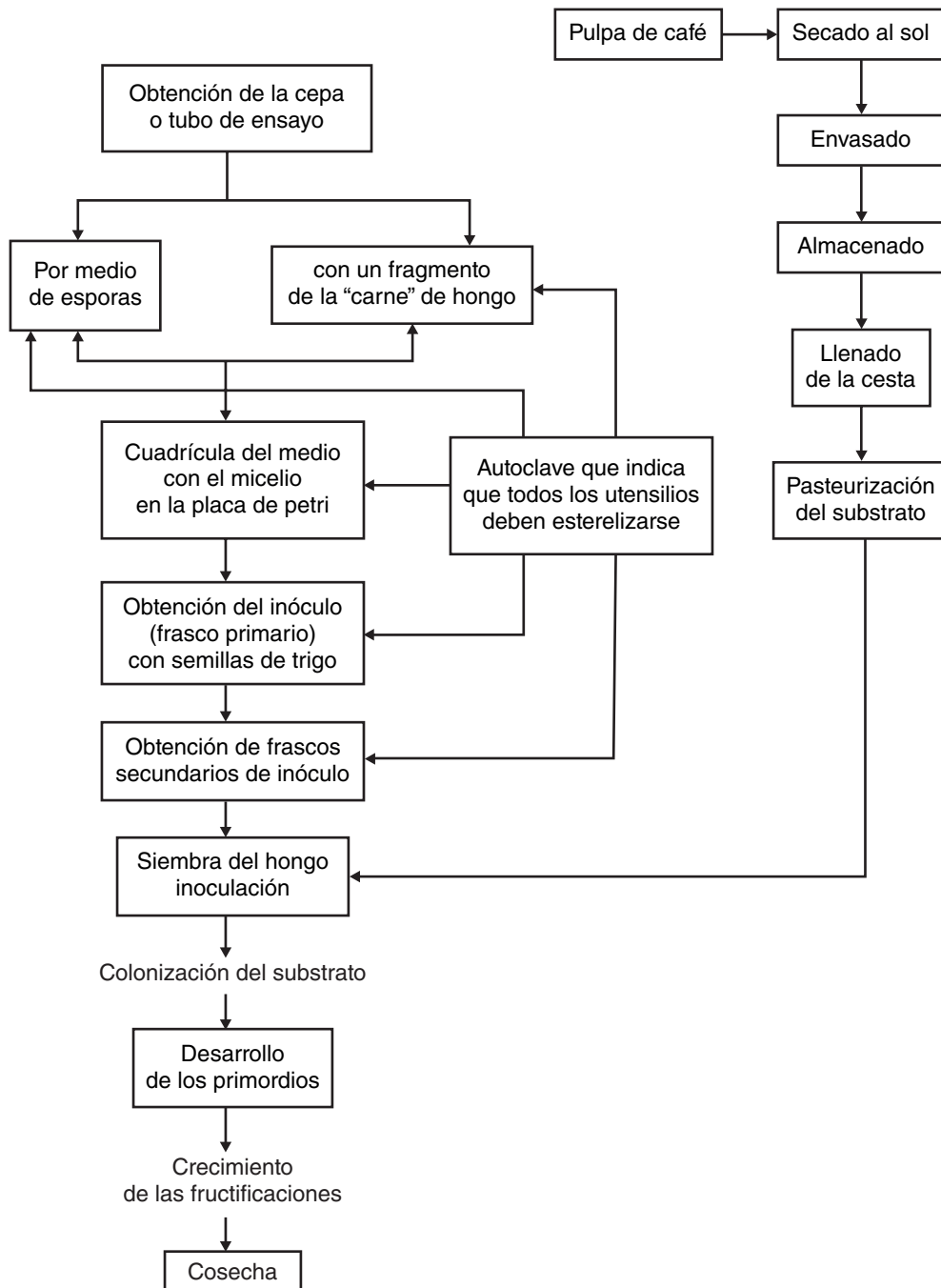


Fig. 1. Tecnología para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café.

Obtención de la cepa: Se realiza la siembra a temperatura ambiente, en un medio de cultivo de agar-malta contenido en placa Petri o tubo de ensayo, por medio de la germinación de las esporas o con un fragmento de la

“carne” del hongo. Esta fase constituye el principio del cultivo de los hongos superiores.

Obtención del inóculo primario (madre): La placa Petri con el micelio crecido sobre el medio se cuadrícula

aproximadamente a 1 cm² y se inoculan los frascos de vidrio de boca ancha (6,5 cm x 12 cm), que contienen 200 g de semillas de trigo, previamente hidratadas. La inoculación de la semilla se realiza a temperatura ambiente (25-27 °C), se mantiene en penumbra hasta la colonización total de los granos de trigo, obteniéndose así el inóculo de primera generación o madre.

Obtención del inóculo secundario (comercial): El inóculo comercial o de segunda generación, en nuestro caso utilizado para inocular las bolsas con sustrato, se obtiene de la propagación de los de primera generación, tomando pequeñas porciones de este con una cucharilla, se inoculan los pomos que contienen semillas de trigo, con el tratamiento antes mencionado y en las mismas condiciones, pudiéndose hacer varios pases de comercial a comercial, manteniendo las características originales de la cepa (Chang y Miles, 2004).

Secado al sol: La pulpa de café fresca procedente del proceso de beneficio húmedo del café de las especies *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner se traslada a los secaderos, se esparce en toda el área, formando una capa de 1,5-2,0 cm aproximadamente, se remueve cada 2 h con rebota, es decir, cuatro veces por jornada de trabajo de 8 h, se recoge en el centro del secadero al final de cada jornada y se tapa con una manta de polietileno negra durante toda la noche; se destapa en la mañana y se esparce después que el piso del secadero se ha calentado con el sol, se repite todo el proceso antes mencionado durante 5-6 días hasta que la pulpa esté seca y lista para ser recogida.

Envasado: La pulpa de café ya seca se envasa en sacos, luego se amarra y se traslada al almacén.

Almacenado: Los sacos que contienen la pulpa seca se estiban, levantados del piso sobre bases de madera o metal, en un almacén donde hay circulación de aire y poca humedad, es decir, un lugar seco y fresco.

Llenado de la cesta: La pulpa de café fresca secada al sol se vierte hasta llenar la cesta de alambón y malla metálica, utilizada para la hidratación del sustrato y posterior pasteurización.

Pasteurización del sustrato: El sustrato (pulpa de café) previamente hidratado con agua natural se sumerge en tanques de metal de 200 L de capacidad, que contienen agua caliente de 90 a 95 °C; durante 60 min se realiza el proceso de pasteurización. Luego se saca de la cesta, se escurre y se envasa nuevamen-

te en sacos, en que se enfría y se mantiene hasta el próximo paso, donde en las mismas cestas y tanques de 200 L se sumerge en solución de fundazol (fungicida) al 0,02-0,04 %, durante 5-10 min, con el objetivo de eliminar posibles microorganismos presentes, no eliminados durante el proceso de pasteurización, escurriendo el sustrato hasta alcanzar una humedad aproximada del 75 %. Luego se pesan 4 kg de este sustrato y se vierten en una bandeja plástica.

Siembra del hongo (inoculación): El sustrato pesado (4 kg) y vertido en la bandeja plástica se le adiciona un pomo de inóculo (6,5 cm x 12 cm) que representa el 5 % del peso de la bolsa, homogenizando de forma que todo el inóculo se distribuya en el volumen del mismo. Luego se llenan las bolsas de PVC de 30 cm x 50 cm con el sustrato inoculado, después se amarran y se trasladan al local de cultivo (planta piloto), donde se colocaron en los estantes para comenzar la colonización. Por cada tratamiento se realizaron 70 bolsas de 4 kg. En total se tuvieron dos grupos: uno con pulpa de café *arabica* y otro con pulpa de café *canephora*, utilizando un diseño totalmente aleatorizado.

Colonización del sustrato: En este período, en que el micelio del hongo se desarrolla de forma vegetativa sobre toda la masa del sustrato, son requeridas las siguientes condiciones:

Humedad: se requiere de un 70-80 %, lo que se logra con las bolsas de PVC.

Temperatura: para la cepa utilizada se reporta como óptima de 26-28 °C, aclarando que la experiencia se desarrolla a temperatura ambiente (del refugio o planta piloto), de la que se grafican las variaciones durante el día y durante todo el proceso de cultivo.

Iluminación: se requiere de penumbra u oscuridad.

Aireación: normal, debe haber ventilación.

La incubación de las bolsas con el sustrato inoculado se realiza aleatoriamente hasta la colonización total.

Desarrollo de los primordios (fructificación): Período en el cual, una vez colonizado el sustrato, el hongo cambia de su fase de crecimiento vegetativo, al desarrollo de los cuerpos fructíferos, momento en el que se cambian las condiciones del local de cultivo (planta piloto o refugio) con la finalidad de estimular la aparición de las fructificaciones y su desarrollo.

Humedad: el local debe poseer de 90-95 %, lo que se logra a través de riegos con microjet.

Temperatura: se reporta como óptima para esta cepa de 24-26 °C, aclarando que la experiencia se desarrolla a temperatura ambiente de la planta o local de cultivo.

Iluminación: se requiere de aproximadamente 400 Lux, en fotoperíodos de 12 h/día, lo que se logró con lámparas fluorescentes de 40 W.

Aireación: es necesaria la eliminación del CO₂ producido por el proceso de respiración y descomposición del sustrato. Se logra con dos ventiladores que remueven el aire del local, cinco veces al día durante 1 h para mantener el nivel de CO₂ por debajo del 0,06 % en el aire de la planta, cantidad máxima permitida durante el proceso de fructificación.

Crecimiento de las fructificaciones: Después de aparecer los primordios, estos crecen y se desarrollan las fructificaciones, con la incidencia de la luz y los cambios de aire realizados, las que después de 48 h están listas para ser cosechadas.

Cosecha: Las fructificaciones están listas para la cosecha y se recogen mientras que el borde del sombrero esté liso; más tarde, al ondularse este, la “carne” se torna más fibrosa y menos agradable, y el tallo se torna leñoso, no siendo agradable para el consumo.

A los tratamientos antes mencionados se les determina el tiempo entre cosechas, el tiempo de aparición de las primeras fructificaciones (precocidad), la eficiencia biológica (E.B.) (Tschierpe y Hartmann, 1977) y el rendimiento (R). Además se controla la temperatura y la humedad relativa en 3 h del día (7:00 a.m., 12:00 m. y 5:00 p.m.) y durante todo el proceso de fructificación.

Donde:

Tiempo entre cosechas: Es el período que transcurre de una cosecha a otra.

Precocidad: Es el tiempo que transcurre desde la inoculación hasta la aparición de las primeras fructificaciones.

Eficiencia biológica (E.B.) (%): (Masa de hongos frescos/masa de sustrato seco) x 100.

Rendimiento(R) (%): (Masa de hongos frescos/masa de sustrato húmedo) x 100.

Para todas las determinaciones, los datos se procesaron estadísticamente a través del programa Statistic 4.2 para Windows, obteniendo una variabilidad por debajo del 1 %, y los datos de producción total de hongos, eficiencia biológica y rendimiento se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (Tabla 2).

A los datos correspondientes a las cosechas se les hizo un arreglo factorial y se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, y una prueba de Tukey para determinar el orden de mérito de las mismas, teniendo en cuenta que los experimentos se realizan con dos tratamientos de 70 réplicas cada uno, bajo un diseño totalmente aleatorizado (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza realizado a los datos obtenidos de producción total, eficiencia biológica y rendimiento para los dos sustratos utilizados

Tratamientos	Producción total (g)	Eficiencia biológica (%)	Rendimiento (%)
<i>C. arabica</i>	1389,44	138,94	34,74
<i>C. canephora</i>	840,93	70,07	21,08
E.S.	45,72	4,44	1,14
C.V. (%)	17,40 ***	18,04 ***	17,34 ***

* Variabilidad por debajo del 1 %.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza realizado a los datos obtenidos en cada cosecha para los dos sustratos utilizados

Tratamientos	Cosecha	Medias
<i>Especie</i>		
<i>C. arabica</i>	1	909,2 a
	2	323,6 b
	3	156,6 cd
<i>C. canephora</i>	1	347,7 b
	2	217,8 c
	3	117,8 d

E.S.: = 24,18 TUKEY = 99,5775 C.V. (%) = 29,69

* Medias con letras desiguales difieren significativamente al 0,05 %.

Resultados y discusión

Los resultados en el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* var. Florida en condiciones rurales de Tercer Frente, provincia de Santiago de Cuba, utilizando como sustrato la pulpa de *Coffea arabica* L. y la pulpa de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, se estudiaron con aplicación de la fermentación en estado sólido de

estos residuos, tomando como base los resultados de Bermúdez *et al.* (1995), quienes utilizaron como sustrato la pulpa de *C. arabica* en condiciones controladas en el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Estas especies de café presentan determinadas características químicas y físicas, que influyen en el desarrollo micelial, fructificación y rendimiento final del cultivo.

El desarrollo de este trabajo transcurrió durante diciembre de 2008-febrero de 2009, con una duración total desde la inoculación hasta la última cosecha de 65 días, teniendo el comienzo de la fructificación a partir de los 20 días para la pulpa de *C. arabica* L. y de 25 a 30 días para la pulpa de *C. canephora* P. (Tabla 4), siendo ambos resultados de mayor tiempo que los reportados para la misma

pulpa de *C. arabica* (Bermúdez *et al.*, 1995), 15 a 18 días, existiendo una diferencia de 2-5 días y de 10-15 días para la pulpa de *C. arabica* y la pulpa de *C. canephora*, respectivamente. Esta diferencia es debido en gran medida a las bajas temperaturas registradas durante el desarrollo experimental, en la tabla de temperatura y Hr (12), las que tuvieron valores entre 21,0 y 23,4 °C, teniendo como valor medio durante todo el experimento de 22,3 °C. Como se puede observar, estos valores están por debajo de los valores óptimos de temperatura para la colonización de 26,0 a 28,0 °C, y para la fructificación de 24,0-26,0 °C, según Bermúdez *et al.* (1995), donde los ciclos productivos desarrollados a temperaturas óptimas para esta cepa adaptada a condiciones tropicales dura de 45 a 50 días.

Tabla 4. Temperatura y humedad relativa media y su coeficiente de variación, durante el día en el período de cultivo

Parámetro	Hora		
	7:00 a.m.	12:00 m.	5:00 p.m.
Temperatura (°C)	21,8	22,4	22,7
C.V.	0,6	0,5	0,4
Humedad relativa (%)	100	92,0	96,7
C.V.	0,15	2,73	3,02

Teniendo como influencia que los períodos entre las oleadas de las distintas cosechas se alarguen, para pulpa de *C. arabica* de ocho a nueve días en la primera cosecha, alrededor de 15 días para la segunda cosecha, y 20 días aproximadamente para la tercera cosecha, durando el pe-

ríodo de fructificación y cosecha alrededor de 45 días, siendo también superior al logrado por Bermúdez *et al.* (1995), donde los períodos entre cosechas oscilan entre ocho y diez días de forma estable para todas las cosechas y el período de fructificación y la cosecha 30 días (Tabla 5).

Tabla 5. Producción promedio de cuerpos fructíferos frescos de *Pleurotus ostreatus* cultivados sobre pulpa de café

Sustrato seco por bolsa 1ra.		Promedio por cosecha de 70 réplicas					Producción total g)	Eficiencia biológica (%)	Rendimiento (%)	Precocidad (días)
		2da .	3ra.	4ta.	5ta.					
Pulpa de café arábica	1,0	909,2 a	323,6 b	156,6 cd	-	-	1389,4	138,9	34,7	20
Cuerpos fructíferos por cosecha en %		65,43	23,29	11,27	-	-	100			
Pulpa de <i>Coffea canephora</i> P.	1,2	347,7 b	217,8 c	117,8 d	76,8	45,8	805,9	67,1	20,1	25-30
Cuerpos fructíferos por cosecha en %		43,14	27,02	14,61	9,53	5,68	100			
Tukey = 99,5775		C.V.					17,40***	18,04***	17,34***	

* Medias con letras iguales no difieren significativamente para $\alpha = 0,05$

Para la pulpa de *Coffea canephora* P. los períodos entre las cosechas se alargan y varían durante toda la fructificación, donde se realizan cinco cosechas, entre seis y diez días en la mayoría de los casos, existiendo entre cosechas de 14 a 25 días, pero en menor proporción contribuyendo también a que el tiempo total sea de 65 días y el período de fructificación y cosecha dure 45 días.

Como se puede observar, en ambos sustratos estudiados el período total del ciclo es mayor que en cultivos realizados a temperaturas óptimas para la cepa utilizada (Bermúdez *et al.*, 1995).

La cepa de *Pleurotus* utilizada para el cultivo es un híbrido que se ha adaptado a determinadas condiciones tropicales, el cual necesita temperaturas óptimas para su desarrollo durante la etapa de colonización y fructificación.

En el período de desarrollo del experimento se detectó que al realizar este a más bajas temperaturas (Tabla 4) se alarga el período de desarrollo micelial (colonización) y de desarrollo de los cuerpos fructíferos (fructificación).

Algunas características de los sustratos, donde el sustrato pasteurizado presenta un 67-70 % de humedad para pulpa de *Coffea canephora* P. y un 75-80 % para pulpa de *Coffea arabica* L., con un peso de sustrato seco para pulpa de *Coffea arabica* L. de 1 kg/bolsa, y para pulpa de *Coffea canephora* P. de 1,2 kg/bolsa, teniendo un mayor valor esta última como consecuencia de su menor porosidad, mayor dureza, hace que por ello obtenga menor capacidad en la absorción del agua.

Durante el cultivo se obtuvieron hasta tres cosechas para la pulpa de *Coffea arabica* L., con 909,2 g en la primera cosecha, para el 64,43 %, 323,6 g en la segunda, para un 23,29 %, y 156,6 g en la tercera, 11,27 % del total, que fue de 1389,4 g (valor promedio para 70 réplicas).

En el caso de la pulpa de *Coffea canephora* P. se lograron cinco cosechas en el mismo período de tiempo, con 347,7 g en la primera cosecha, para el 43,14 % menor que la primera cosecha con pulpa de *C. arabica*, 217,8 g en la segunda cosecha; para el 27,02 % menor que la segunda cosecha en pulpa de *C. arabica*; para la tercera se lograron 117,8 g, con un 14,61 % del total, también menor que la tercera cosecha obtenida

en pulpa de *C. arabica*; para la cuarta cosecha se lograron 76,8 g de cuerpos fructíferos; para el 9,53 % y la quinta cosecha, donde se logró 45,8 g de cuerpos fructíferos para cada réplica; para el 5,68 % del total, que fue de 805,9 g promedio de 66 réplicas, fueron desechadas cuatro por presentar mal crecimiento micelial.

La primera cosecha sobre pulpa de *C. arabica* fue la de mayor producción, diferenciándose significativamente de todas las restantes cosechas, seguida por la primera de *C. canephora* y la segunda de *C. arabica*, sin diferencias significativas entre sí, pero sí con las demás.

La cosecha de menor producción en el análisis realizado fue la tercera de *Coffea canephora* P. y la tercera de *Coffea arabica* L., no diferenciándose significativamente entre ellas; esta última no se diferencia significativamente de la segunda de *C. canephora* para $\alpha = 0,05$.

Se obtuvo un valor significativamente superior en cuanto a producción total, en pulpa de *C. arabica*, con 583,5 g de diferencia por réplica (bolsa) como promedio, para un 42 % más de producción en pulpa de *C. arabica* que en pulpa de *C. canephora*; como resultado que también sea significativamente superior la eficiencia biológica y el rendimiento obtenidos, con valores del 138,9 y 67,1 %, y del 34,7 y del 20,1 % para pulpa de *C. arabica* y pulpa de *C. canephora*, respectivamente.

Estos resultados dejan ver claramente que la pulpa de *C. arabica* presenta mejores características para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* que la pulpa de *C. canephora*, ya que presenta rendimientos superiores a los obtenidos en otros sustratos (Guzmán *et al.*, 1993; Salmones *et al.*, 2005; y Cayetano y Bernabé, 2008), como también menores que otros, existiendo la posibilidad de mezclarlo con otros sustratos, logrando así mejores características en el sustrato resultante y por lo tanto mejores rendimientos (Tabla 6).

El proceso de cultivo de los hongos comestibles sobre desechos agrícolas e industriales ha demostrado excelentes resultados (Mata y Salmones, 2003 y Martínez-Carrera *et al.*, 2004) debido a la facilidad y economía de sus tecnologías, lo que ha aumentado significativamente su cultivo en el mundo en las últimas décadas (Tabla 7).

Tabla 6. Diferentes sustratos abundantes en América tropical usados para el cultivo de Pleurotus

<i>Olote de maíz</i>	50	<i>Acosta-Urdapilleta, et al. (1989, 1992)</i>
Paja de arroz	46,9-83,2	<i>Gutiérrez et al., 1995 y 1996</i>
Paja de trigo	67,2-132,3	<i>Arias et al., 1997</i>
Pulpa de café	170	<i>Bermúdez et al., 1994</i>
	142,45-159,58	<i>Soto et al., 1987</i>
	50,05-175,82	<i>Martínez-Carrera, 1989</i>
	41,30	<i>De León et al., 1988</i>
	111,21-175,8	<i>Martínez-Carrera, 1987</i>
Bagazo de citronela	13,3	<i>De León et al., 1988</i>
Rastrojos de haba	113,5-118	<i>Sobal et al., 1993; Martínez-Carrera et al., 1991</i>
Rastrojos de frijol	99,8-137,6	<i>Sobal et al., 1993; Martínez-Carrera et al., 1991</i>
Paja de cebada	62,9-78,1	<i>Sobal et al., 1993; Martínez-Carrera et al., 1991</i>
	93,67	<i>Morales et al., 1995^a</i>
Paja de cebada + pulpa de café (1:1)	97,3	<i>Morales et al., 1995</i>
Paja	74,6-149,2	<i>García-Rollan, 1985</i>
Paja de caña de azúcar	21,6-97,8	<i>Klibansky et al., 1993</i>
	30-50	<i>Gunterova et al., 1992</i>
Paja de cebada y pulpa de café	44,0	<i>Morales et al., 1995</i>
Paja de caña de azúcar	40,9-89,4	<i>Mata y Gaitán, 1995</i>

** Proporciones en base a peso seco.

Tabla 7. Comportamiento de la producción mundial de hongos comestibles (Fuente: Chang, 1991; 1993; Kurtzman, 1997: El diario de la Expoagro, 2000: Leifa *et al.*, 2006)

Producción x 1000 t	Años									
	1950	1960	1970	1980	1985	1987	1990	1991	2000	2006
	53,4	106	313	1135	1390	2176	3763	4273	6500	>10,000

Conclusiones

- En las condiciones rurales se logra cultivar el hongo *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de *Coffea arabica* L. y pulpa de *Coffea canephora* P.
- La eficiencia biológica y el rendimiento son mayores en pulpa de *Coffea arabica* L., que en pulpa de *Coffea canephora* P., como sustrato para el cultivo de los hongos *Pleurotus ostreatus*.
- La precocidad de la producción de los hongos es menor en pulpa de *Coffea arabica* L., lográndose producciones más rápidas.
- El sustrato utilizado se convierte en un porcentaje aceptable a cuerpos fructíferos al alcanzar un valor mayor que el 15 % reportado por Martínez-Carrera *et al.* (1981).

Bibliografía

- Andrade, R. L.: Taller de producción de hongos comestibles. En: *II Congreso Latinoamericano de Micología*. La Habana: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 1996.
- Barba, J. M.; Peña Avila, J. C. y F. López Huerta: Estudio químico de los hongos comestibles silvestres. Productos naturales, Vol.1. Copyright UAM – IZTAPALAPA. Pp.41- 49, 1992.
- Bermúdez, R. C.: Aprovechamiento biotecnológico de residuos industriales, Apuntes del curso. ESPOCH, Riobamba, Ecuador. 109 Pp., 1995.
- Braham, J. E. y R. Bressani: Pulpa de café. Composición, tecnología y utilización. C.I.I.D., Bogotá, Colombia, 1979.
- Cayetano, M. y T. Bernabé: Cultivos de *Pleurotus* sobre residuos de las cosechas de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y plátano (*Musa paradisiaca*). *Rev. Mex de Micología*, 26: 57 – 60, 2008.
- Chang, S. T. y P. G. Miles: *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact*. CRC Press, Boca Raton, 451 pp., 2004.
- Chang, S. T.: Mushroom biology and mushroom production. *Mush. Jour. Tropics* 11: 45 – 52, 1991.
- Chang, S. T.: Mushroom biology: the impact on mushroom production and mushroom products. In: *Chang, S.T., J.A. Buswell and P.G. Miles (eds.). Mushroom Biology and Mushroom Products*. The Chinese University Press, Hong Kong, 1993.
- Gutiérrez, I.; Pérez, Y.; Klibansky, M.; Altuna, B. y L. González: Aplicación de fitohormonas al cultivo de *Pleurotus*. *Micología Neotropical Aplicada* 9: 107 – 115, 1996.
- Guzmán, G.; Mata, G.; Salmones, D.; Soto-Velasco, C. y L. Guzmán-Dávalos: *El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro – industriales*. México. Instituto Politécnico Nacional, 245 Pp., 1993.
- ICIDCA: Producción de setas comestibles del género *Pleurotus* sp.. La Habana, 42 Pp., 1998.
- Kurtzman, R. H.: Production and cultivation of mushroom in the west part of Europe and North America. *Food Reviews International* 13: 497- 516, 1997.
- Leifa, F.; Soccol, A. T.; Pandey, A.; Souza, V. L. y C. R. Soccol: Effect of caffeine and tannins on cultivation and fructification of *Pleurotus* on coffee husks. *Brazilian Journal of Microbiology* 37 (4): 420-424, 2006.
- Martínez-Carrera, D.: Simple technology to cultivate *Pleurotus* on coffee pulp in the tropics. *Mushroom Science* 12 (II): 169 – 178, 1989.
- Martínez-Carrera, D.; Morales, P. y M. Sobal: Producción de hongos comestibles sobre pulpa de café. En: *1er. Seminario Internacional sobre Biotecnología en la agroindustria cafetalera (INMECAFE - ORSTOM)*, Xalapa, México, 1989.
- Martínez-Carrera, D.; Aguilar, A.; Martínez, W.; Bonilla, M.; Morales, P. y M. Sobal: Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico. Capítulo 45, pp. 471-488. In: *Coffee Biotechnology and Quality*. Eds. T. Sera, C. R. Soccol, A. Pandey y S. Roussos. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2000.
- Martínez-Carrera, D.; Sobal, M.; Morales, P.; Martínez, W.; Martínez, M. y Y. Mayett: *Los Hongos Comestibles: Propiedades Nutricionales, Medicinales, y su Contribución a la Alimentación Mexicana*. COLPOS-BUAP-UPAEP-IMINAP, Puebla. 44 pp., 2004.
- Mata, G. y D. Salmones: Edible mushroom cultivation at the Institute of Ecology in Mexico. *Micol. Apl. Int.* 15: 23-29, 2003.
- Salmones, D.; Mata, G. y K. N. Waliszewski: Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Bioresource Technology* 96: 537-544, 2005.
- Soto-Velazco, C. y A. Arias: *El Cultivo de las Setas (Pleurotus spp.): Tecnología de Producción de Alimentos*. Ed. Cuellar, Zapopan, Jalisco. 87 Pp., 2004.
- Tschierpe, H. J. y K. Hartmann: A comparison of different growing methods. *Mushroom Journal* 60: 404 – 416, 1977.
- Verdecia, M. J.: "Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* var. Florida sobre pulpa de café en condiciones rurales" [inédito], tesis de candidatura., Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2001.