

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
CENTRO DE ESTUDIOS DE BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL

TESIS EN OPCIONAL TÍTULO DE MASTER EN BIOTECNOLOGÍA
MENCION BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

TÍTULO: Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* var. Florida sobre pulpa de café en condiciones rurales.

AUTOR: Lic. Mario Jesús Verdecia García.

TUTORES: Dra. Lic. Rosa C. Bermúdez Savón.
Dra. Lic. Isis Gutiérrez.

1999

I – INTRODUCCION.

En Cuba, el café constituye uno de los cultivos tradicionales, adquiriendo 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 en la actualidad es poco o nada utilizada; ésta posee sustancias químicas atractivas para la alimentación (azúcares libres, proteínas, hemicelulosa, celulosa), pero a su vez contiene sustancias con posibles efectos antifisiológicos (cafeína, ácido cafeico, fenoles libres, polifenoles, es decir, taninos hidrolizables y condensados)(Braham y Bressani, 1979; Roltz et al., 1988; 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, producción de biogás (Traba et al., 1994; Bermúdez, 1995; Serrat, 1998).

Una de las alternativas que se ha desarrollado para la utilización eficiente de la pulpa de café, es la de su empleo como sustrato en el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* (Martínez – Carrera, 1989; Martínez – Carrera et al., 1985 – 1998), siendo estos hongos superiores potentes agentes biodegradadores de sustratos lignocelulósicos (Barba y col., 1992; Martínez – Carrera, 1987; Andrade, 1996), en alimentos de buena palatabilidad, con grandes ventajas en comparación con otros procesos, como son: hacen posible la producción de alimentos, independientemente del proceso de fotosíntesis, eficiente conservación de proteína por unidad de área y de tiempo y es superior a otras fuentes de proteína animal. Por otra parte el sustrato agotado o ya degradado, una vez terminada la cosecha de los hongos *Pleurotus ostreatus*, 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 (Martínez – Carrera, 1989; ICIDCA, 1998; Martínez – Carrera et al, 1998₁).

Esto demuestra que el desarrollo de esta tecnología del cultivo de los hongos comestibles posibilita un manejo de sistema de producción sostenible, en que el proceso biotecnológico que se aplica para la conversión de los residuos, siendo económicamente viable y rentable,

también es el único sistema microbiológico de producción que puede degradar la lignina, celulosa y hemicelulosa de estos residuos (Andrade, 1996).

Se ha calculado recientemente que cada año son producidas 2 500 000 toneladas de pulpa de café fresca en el mundo (Roussos et al., 1989). En Cuba se generan aproximadamente 56 800 toneladas al año, encontrándose los mayores volúmenes en la zona oriental y en la provincia de Santiago de Cuba 8 277 toneladas, correspondiendo al municipio Tercer Frente aproximadamente 1 570 toneladas, lo que posibilita el proponer la disminución de la contaminación que produce ese residual empleando el cultivo de hongos comestibles para contribuir a la solución de los problemas ambientales que generan estos residuos.

Todos estos elementos nos han llevado a realizar este estudio del cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café de Tercer Frente, con los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Aprovechamiento de la pulpa de café, que permita disminuir la contaminación que producen, utilizándolo como sustrato para la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus ostreatus* en condiciones rurales, empleando la fermentación en estado sólido (FES), obteniendo un producto alimenticio de uso humano rico en proteínas, vitaminas, sales minerales y un sustrato agotado que puede ser empleado como abono orgánico, alimento animal y otros, obteniendo beneficios económicos, ecológicos y sociales.

Objetivos específicos:

- Cultivar el *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café; *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner en condiciones rurales.
- Evaluar las condiciones de los diferentes parámetros durante el cultivo del *Pleurotus ostreatus*.
- Determinar la eficiencia biológica, el rendimiento, la precocidad de la producción de los hongos en ambos sustratos.
- Caracterizar el sustrato, el *Pleurotus ostreatus* y el sustrato remanente.
- Determinar la bioconversión final alcanzada en el proceso de cultivo del *Pleurotus*.

II- REVISION BIBLIOGRAFICA.

II.1.- Antecedentes.

Las fermentaciones en estado sólido han ganado un renovado interés y una reciente atención de los investigadores, debido a su importancia en los avances recientes en la conservación de la energía de la biomasa, en el tratamiento de residuos sólidos y su aplicación para la producción de metabolitos secundarios.

Ella se muestra como una técnica idónea para la producción de mayores rendimientos de los productos deseados; en adición que existen otras ventajas. Esta técnica es además considerada como prometedora para el control de la contaminación ambiental.

La definición más completa actualmente es la dada por Durand:

La fermentación en estado sólido (FES) puede ser definida como un método de cultivo de microorganismos sobre y dentro las partículas de la matriz sólida (sustrato sólido), donde el líquido contenido, ligado con este, está a un nivel correspondiente de forma que la actividad del agua asegure el correcto crecimiento y metabolismo de las células, pero no excediendo la capacidad máxima de tenencia de agua de la matriz sólida. (Antier et al., 1993; Rousos et al., 1989; Viniegra et al., 1990; De Tarso, 1996)

Este sistema comprende de tres fases:

- Fase sólida; la cual generalmente es un sustrato vegetal conteniendo los microorganismos y nutrientes.
- Fase líquida; para las diferentes transferencias de masa.
- Fase gaseosa.

Esta última fase es muy importante, porque a su vez representa tres partes en FES:.

- Para regular temperatura del sustrato.
- Para regular el nivel de humedad del medio, durante el curso de la fermentación.
- Para mantener condiciones aeróbicas.

Basado en el tipo de microorganismo involucrado, los procesos de FES pueden ser categorizados dentro de dos principales grupos; FES natural y cultivos puros FES (individuales o mezclados).

Varios grupos de microorganismos pueden crecer sobre sustratos sólidos. Los hongos filamentosos sin embargo, muestran la mayor capacidad de crecer en la carencia de agua libre.

Dentro de este grupo, tres clases:

1. *Phycomycetes* (*Mucor* y *Rhizopus*).
2. *Ascomycetes* (*Aspergillus* y *Penicillium*).
3. *Basidiomycetes* (Hongos de pudrición blanca, *Polypones*).

Han sido los más comúnmente utilizados.

En general, los tipos de microorganismos que pueden crecer en sistemas de FES son determinados por el factor actividad del agua (a_w). Este factor es, la humedad relativa de la atmósfera gaseosa en equilibrio con el sustrato. La actividad del agua del sustrato expresa cuantitativamente el requerimiento de agua para la actividad microbial. La regulación de la a_w del sustrato sólido puede ser controlada por la humedad relativa (HR) del aire.

En los procesos de fermentación sólida pueden ser utilizados sustratos naturales y sintéticos. Los materiales orgánicos más aconsejables son los de estructura polimérica (ejemplo: polisacáridos, lignina, proteínas, etc.); en general, todos pueden ser utilizados por los microorganismos como fuente de carbono. Los sustratos utilizados son insolubles en agua, en la práctica el agua es absorbida dentro de las partículas del sustrato pudiendo ser utilizadas por los microorganismos para el crecimiento de la actividad metabólica; las bacterias y las levaduras crecen sobre la superficie del sustrato, mientras que el micelio fúngico penetra dentro de las partículas del sustrato.

La utilización del sustrato sólido por el microorganismo se afecta por varios factores físicos y químicos. Dentro de los factores físicos encontramos; accesibilidad del sustrato para los microbios, efecto fílmico o de película y efecto de masa, como los más importantes. La morfología física, especialmente la porosidad y el tamaño de partículas del sustrato, gobiernan el área accesible para el organismo. Dentro de los factores químicos, la naturaleza química del sustrato (grado de polimerización y cristalización) es un criterio importante.

En general, , la mayoría de los residuos agrícolas o agroindustriales, de naturaleza celulósica o amilácea han sido utilizados en procesos de fermentación y sustratos sólidos.

Teniendo en cuenta las posibilidades de la FES, la necesidad de obtener una serie de productos útiles al hombre y a los animales y la disponibilidad de millones de toneladas de residuos industriales y agrícolas, que contaminan cada día el medio ambiente, se han desarrollado procesos para la obtención de células microbianas en la alimentación animal y humana entre las que se encuentran; proteína unicelular (PUC), ej.: las levaduras (*Torula*, *Candida*, *Saccharomyces*) y la producción de hongos comestibles, ej.: *Pleurotus* y *Agaricus* (Martínez – Carrera, 1985 – 1998; Ward, 1990; Chang y Miles, 1989; Klibansky et al., 1993; Gutiérrez et al., 1995; Bermúdez, 1995).

II.2.- Generalidades de los hongos.

Los hongos son organismos muy comunes en la naturaleza, puesto que viven prácticamente en todos los medios y entre ellos, las especies comestibles gozan de especial importancia desde tiempos remotos. Los griegos Eurípides, Teofrasto y Plinio describieron el consumo de los hongos comestibles en su tiempo. Los romanos conocían varios hongos comestibles y venenosos, a este respecto, está el caso del emperador César, quien era muy aficionado a comer hongos, en particular *Amanita caesarea*; a ello se debió que se le llamara “el hongo de los césares” y de ahí el nombre específico (en latín) de dicha especie (Chang y Hayes, 1978; Chang y Quimio, 1982; Chang y Miles, 1989; Gray, 1970-1973). Estos hongos comestibles son muy abundante en los bosques templados, principalmente en los de pino y encino y no se pueden cultivar debido a que viven en estrecha relación con las raíces de los árboles, en una asociación la que se le denomina técnicamente micorriza (Guzmán et al., 1993).

Los hongos se han adscrito tradicionalmente al reino vegetal, a pesar de que no tienen clorofila, tejidos especializados, ni flores. No fue sino hasta apenas unos 35 a 40 años, cuando se empezó a aceptar la idea de que los hongos son organismos independientes de las plantas y que aunque químicamente están muy relacionados con los animales, forman un grupo aparte, el llamado Reino de los Hongos o Reino Fungi. La pared celular de los hongos generalmente está compuesta de quitina, como la de los animales y no de lignina y celulosa como en los vegetales. Además, los hongos almacenan glucógeno y no almidón, como sucede entre los animales. El hecho de que los hongos formen un reino independiente, se basa en que tienen características propias y a su vez una mezcla curiosa

de vegetales y animales, lo que ha llamado la atención del hombre desde tiempos remotos. Además su nutrición es por absorción y no por ingestión como en los animales o por fotosíntesis y absorción en los vegetales. Por otra parte, los procesos de reproducción sexual de los hongos son muy diferentes a los de los vegetales y animales (Guzmán et al., 1993).

Los hongos comestibles son uno de los alimentos más antiguos consumidos por el hombre (Barba et al., 1992). De las aproximadamente 10000 especies de 30 géneros de hongos comestibles, existentes en el Mundo solamente unas 80 de ellas son cultivadas experimentalmente, 40 cultivadas económicamente y alrededor de 20 cultivadas comercialmente y entre ellas, el hongo *Pleurotus spp.* Conocido popularmente como Hongo Ostra, es el que se ha difundido más rápidamente a razón de casi un 15 % de incremento anual.

Existe una clasificación sencilla de los hongos que los agrupa en microscópicos y macroscópicos (micromicetos y macromicetos, respectivamente), la cual se basa en si presentan o no cuerpos fructíferos grandes, es decir, macroscópicos, que los definan a simple vista. Los hongos microscópicos no tienen fructificaciones macroscópicas, contrario a los hongos macroscópicos (Guzmán et al., 1993).

Las fructificaciones de los hongos constituyen los cuerpos reproductores o fructíferos de los mismos, en los que el hongo forma sus esporas y que constituyen la semilla de dispersión del hongo. Los hongos forman, millones o billones de esporas, que se dispersan en el aire la mayoría de las veces, con lo que aseguran su perpetuidad.

Es precisamente a partir del micelio por donde se alimenta un hongo, a través de la absorción de las sustancias nutritivas del sustrato.

Las fructificaciones de los hongos, además de su importancia en la reproducción del hongo, son la base de identificación de las especies. Se puede observar en las fructificaciones, una inmensa variabilidad en la forma y las estructuras, además de que existe gran diversidad en el color y en la carnosidad o dureza (Guzmán et al., 1993).

Los hongos también se pueden reproducir vegetativamente por medio de fragmentos obtenidos del micelio o del cuerpo fructífero. Si tomamos en condiciones de asepsia una porción del micelio secundario del hongo o una pequeña pieza del cuerpo fructífero y la ponemos bajo humedad, temperatura y nutrimentos adecuados, dicho fragmento crecerá y

dará más hifas, formando así un nuevo micelio. Precisamente el método vegetativo es el más usado en el laboratorio para reproducir los hongos (Guzmán et al., 1993).

Es fundamental que el hongo que se va a cultivar se identifique correctamente desde el punto de vista taxonómico, ya que de ello dependerán las técnicas que se empleen para su cultivo. La identificación de la especie, quiere decir, conocer a que especie de tal género está adscrito el hongo en cuestión. Una clasificación sencilla y práctica de los hongos, ya mencionada anteriormente y usada desde hace mucho tiempo, es la de dividir a estos organismos en micromicetos y macromicetos, según sean microscópicos o macroscópicos. Otra clasificación también sencilla, divide a los hongos con base a su estado sexual, en perfectos o imperfectos, según estén en la fase sexual o asexual, respectivamente. Pero podemos decir que el Reino Fungi se integra de dos grandes grupos o divisiones: los Myxomycota y los Eumycota (donde se encuentra *Pleurotus*, específicamente entre los basidiomicetos) (Guzmán et al., 1993).

Debido a que los hongos viven de la descomposición de la materia orgánica, en sus diferentes formas, la hojarasca y otros sustratos, constituyen la clave para la reincorporación de los materiales orgánicos al suelo y así favorecen su formación o enriquecimiento (Andrade, 1996).

Pleurotus es el nombre genérico de toda una gama de hongos saprofitos comestibles en los que se ha logrado imitar sus hábitos ecológicos naturales (troncos de árboles secos, generalmente pobres en nutrientes, ramas muertas, hojarasca, etc.), para cultivarlos en sustratos lignocelulósicos diversos, habiendo sido objeto de una preparación simple y rápida. (Guzmán et al., 1993)

Los *Pleurotus* constituyen un grupo de especies muy diversas tanto por sus colores (amarillo, blanco, gris pizarra, marrón oscuro e inclusive rosado), como por sus formas, sabor o por sus exigencias técnicas (Guzmán et al., 1993).

Las especies *Pleurotus* se pueden definir como el conjunto de hongos que presentan las siguientes características. Sombrilla o varias sombrillas agrupadas en manojos deprimidos en forma de embudo, generalmente de simetría bilateral pero no axial. Sombrilla en forma de concha de ostra unida a un tallo excéntrico (de ahí su nombre popular “hongo ostra”- “oyster mushroom”) (Guzmán et al., 1993).

Para el buen crecimiento de un hongo, es necesario que el sustrato, donde se desarrolla se encuentren todas las sustancias que necesita, como son fuentes de carbono y nitrógeno, además de otros elementos como el fósforo, materiales que absorbe con la degradación del sustrato donde crece. En el caso de los cultivos de hongos los sustratos empleados se hacen más digeribles mediante procesos de fermentación o se mezclan entre si, para suplementar alguna deficiencia en nutrimentos (Guzmán et al., 1993).

Un sustrato muy duro tendrá pocos espacios intercelulares y por lo tanto presentará problemas en la aireación tan indispensable en los hongos y un sustrato muy blando, con el agua se empastará, presentando el mismo problema de falta de aireación. El pH (acidez o alcalinidad) del sustrato es muy importante para la nutrición del hongo; en general los hongos requieren sustratos con pH ligeramente ácidos o neutros, de 6 a 7. En general, los hongos requieren pocos nutrimentos para su desarrollo y las sustancias esenciales son fuentes de carbono, nitrógeno, minerales y factores de crecimiento.

El hongo utiliza como fuente de energía y para la elaboración de sustancias estructurales de la célula. Entre los compuestos más comúnmente empleados, están los carbohidratos (mono y polisacáridos), ácidos orgánicos, aminoácidos, algunos alcoholes y la lignina.

El nitrógeno lo necesita el hongo para la elaboración de sus proteínas. Las principales fuentes de nitrógeno se obtienen a partir de la degradación de los aminoácidos, peptona, caseína y otros, y de la urea o por medio de sulfatos y nitratos de amonio, sodio, potasio y calcio. Entre los minerales más importantes para el crecimiento de los hongos están el hierro, cobre, magnesio, sodio, potasio, calcio y fósforo, los cuales se pueden administrar por medio de cloruros, fosfatos y carbonatos, entre otras sales. El empleo de factores de desarrollo, tales como vitaminas y fitohormonas, induce el crecimiento del micelio del hongo. La vitamina más comúnmente empleada en el cultivo de los hongos es la tiamina y entre las hormonas está el ácido giberélico (Gutiérrez et al., 1996).

En la preparación del medio de cultivo se debe conocer la dinámica de los elementos que lo forman y como los usará el hongo. Cuando la glucosa se degrada en ausencia de oxígeno se transforma en ácidos como el acético, el butírico y el propiónico; que bajan mucho el pH del medio y detienen el crecimiento del hongo, no así cuando la glucosa se degrada con oxígeno, en donde llega a formar solamente agua y dióxido de carbono. Por otra parte, en el sustrato en donde se cultivará el hongo, por ejemplo, pulpa de café o pajas, se presentará

una sucesión de microorganismos que van cambiando dicho sustrato a medida que ellos se desarrollan, preparando unos el sustrato a otros (Guzmán et al., 1993).

Se ha reportado un rango de valores bromatológicos para la composición del *Pleurotus* (Tabla 1), ya que por lo general, dicha composición presenta cambios significativos que se relacionan con el crecimiento, la edad, o el estado particular del desarrollo, el lapso de tiempo post – cosecha y del porcentaje que hay en una muestra de un solo cuerpo fructífero, así como del medio o sustrato de que se alimenta (Guzmán et al., 1993).

Los carbohidratos y las proteínas son los mayores componentes del *Pleurotus*, seguidos por las cenizas, bajos en la mayoría de las especies, aunque son significativamente altas en el *Pleurotus*. Sin embargo, la composición aproximada generalmente no difiere mucho entre las especies de *Pleurotus* y otros géneros comunes como: *Agaricus*, *Volvariella* y *Lentinus* (Guzmán et al., 1993).

Por otro lado se ha demostrado que la composición del sustrato tiene un efecto significativo en el contenido de proteína de los cuerpos fructíferos del *Pleurotus* (Andrade, 1996).

Los hongos generalmente contienen alrededor del 10 % de cenizas (en base a peso seco) lo cual se convertirá en minerales. Los hongos son bajos en sodio y de esta manera son usados para agregar sabor a los platillos servidos sin sal.

El cuerpo fructífero de *Pleurotus*, provee un mayor suplemento de vitaminas del grupo B, incluyendo niacina y riboflavina, en comparación con la carne o cualquier otro producto alimenticio común. El *Pleurotus* contiene además ácido fólico, el cual es importante para evitar la anemia perniciosa. Por lo tanto podemos considerar a los hongos valiosos para el cuerpo humano. Las especies de *Pleurotus* contienen todas las vitaminas (excepto ácido ascórbico) en altas cantidades. Esto hace de los hongos una fuente importante de vitaminas en la dieta humana (Andrade, 1996).

Para determinar el valor nutritivo de un alimento se consideran, por regla general, varios parámetros: comúnmente su composición proximal (análisis bromatológico), contenido de vitaminas y composición de aminoácidos de su proteína.

El valor nutritivo de los hongos comestibles es alto, contrario a lo que se pensaba. Según estudios realizados por especialistas en alimentos, tienen 19 – 35 % de proteínas aprovechables en peso seco, en comparación con los vegetales (hortalizas y frutas), que solamente tienen 7.3 – 13.2 %, con excepción de la soya que tiene 39.1 %; por otra parte la

leche, carne y huevos tienen del 25 al 90 % de proteínas. Sin embargo, el nivel de aminoácidos, las sustancias precursoras de las proteínas, tales como la lisina y triptófano, llegan a niveles de 4.5 – 9.9 g y 1.1 – 1.3 g, respectivamente, en las orejas blancas o setas (*Pleurotus ostreatus*), contra 6.4 y 1.6 g, respectivamente en los huevos de gallina. Por otra parte, el bajo contenido de carbohidratos hace a los hongos un alimento bajo en energía y así se recomienda como dietético. Además, el contenido de ácidos grasos esenciales se encuentran en cantidades apreciables, por lo que los hongos comestibles son un alimento adecuado, por ejemplo el contenido de grasa en las diferentes especies de *Pleurotus* fluctúa entre 1.08 a 9.4 % en base a peso seco, y en promedio contienen 2.85 %. El *Pleurotus* fresco como cualquier otro hongo contiene poca grasa y por supuesto no tiene colesterol. Es aquí donde el hongo aparece con la imagen de una “comida baja en calorías” .

Estas observaciones, han hecho que a los hongos comestibles se les denomine “el bistec vegetal” o la “carne de los pobres” y sean muy usados en las dietas vegetarianas (Guzmán et al., 1993).

En la tabla 2 se presenta una evaluación nutricional comparativa en términos de los índices nutricionales más aceptables. Esto se hace con relación al contenido de aminoácidos esenciales. Los resultados presentados en las tablas correspondientes corroboran la posición de los hongos comestibles como alimento de buen valor nutritivo; por encima de los vegetales de baja calidad y cercano a los productos animales de alto valor. Los valores superiores al rango en que se encuentran los hongos comestibles se hallan muy cercanos a los de la leche, en términos de índices de aminoácidos esenciales y de calificación de aminoácidos (Quintero, 1985).

El valor nutritivo de una proteína depende de su contenido de aminoácidos esenciales, que el humano no puede sintetizar y deben ser suministrados con la dieta. En términos generales, la proteína de los hongos comestibles puede considerarse como intermedia entre la proteína animal y vegetal (Tabla 3) (Quintero, 1985).

Los hongos, como la mayor parte de los microorganismos presentan generalmente un mayor contenido de ácidos nucleicos que los alimentos convencionales. El contenido de ácidos nucleicos de los hongos comestibles oscila alrededor de 7.1 % en base seca, lo cual permite una ingestión diaria hasta de 300 g de hongos frescos. Este valor se encuentra muy

por encima del consumo promedio de hongos, por lo tanto es un factor que no puede limitar su consumo diario como verdura (Quintero, 1985).

Debido a sus cualidades nutritivas, ellos encontraron un lugar en las dietas recomendadas a pacientes. En irregularidades del metabolismo de carbohidratos, desconformidad cardiaca y la enfermedad del Beri- beri, los hongos son altamente recomendados debido a su alto contenido de tiamina.

Entre los posibles valores medicinales directos de los hongos uno de los más importantes son sus efectos anticancerígenos, en la lucha contra la obesidad, el colesterol y los estados de hipertensión, también se han reportado principios antivirales y antibióticos. Se ha reportado de hongos que producen sustancias de alto peso molecular, las que inhiben la influenza y los polio virus. Ellos inducen la formación de interferón, un compuesto que ayuda a luchar contra las infecciones de virus, también tienen efectos antitumorales, más recientemente se ha reportado que el extracto acuoso de un hongo destruye el virus VIH, causante del SIDA. Así como también se producen píldoras a base de un hongo, para comercializarlas en vistas de su rico contenido de compuestos inmunoreguladores. La tendencia es cada vez más creciente a consumir hongos comestibles tanto por sus valores nutricionales, como por lo que representa para la salud humana (Quimio et al., 1990; Barba et al., 1992; Guzmán et al., 1993; Andrade, 1996; Zhanxi y Zhanhua, 1997; ICIDCA, 1998).

II.3.- Sustratos utilizados en el cultivo de los hongos.

Los hongos comestibles son heterótrofos ya que obtienen energía carbono de la oxidación de los sustratos orgánicos, con la producción simultánea de CO₂ , agua y energía no asimilada que se manifiesta en incrementos de temperatura.

Estos a su vez se pueden clasificar en degradadores primarios, secundarios y contínuos, dependiendo del estado de degradación de la materia orgánica que utilicen como nutriente. Los degradadores primarios son los responsables de iniciar la descomposición de los residuos vegetales en la naturaleza, muchos de ellos son específicos para materia orgánica intacta. Algunas especies solo pueden atacar carbohidratos de fácil degradación (hongos de pudrición blanda); otros atacan selectivamente los polisacáridos, celulosa y hemicelulosa

(hongos de pudrición oscura), y otros son, inclusive, capaces de atacar a la lignina (hongos de pudrición blanca). Estos son hongos saprobios:

- Agentes primarios de descomposición (*Pleurotus*).
- Agentes secundarios de descomposición (*Agaricus*).
- Agentes continuos de descomposición.

Los hongos comestibles se encuentran distribuidos en diferentes categorías y se les puede clasificar de la siguiente manera:

- a) Hongos que se desarrollan en residuos vegetales frescos, entre los que está *Pleurotus*.
- b) Hongos que se desarrollan en materiales ligeramente degradados.
- c) Hongos que se desarrollan en materiales sustancialmente degradados.
- d) Hongos que se desarrollan en el suelo y humus.
- e) Hongos micorríticos.

Las especies de *Pleurotus* tienen la habilidad de descomponer desperdicios naturales lignocelulósicos. Basándose en esta característica, se han utilizado diferentes desechos agroindustriales como sustratos para el cultivo de estos y otros géneros de hongos. El sustrato donde se cultivaran los hongos recibe un tratamiento fermentativo o de otro tipo (hidratación o deshidratación, etc.) según el material usado. El material de cultivo dependerá del tipo de hongo que se pretenda cultivar y se pueden clasificar en 6 categorías (Tabla 4) (Guzmán et al., 1993).

Algunas veces una combinación de sustratos favorece mejor el desarrollo de los hongos comestibles, como es el caso de las mezclas de pajas con pulpa de café o bagazo de caña de azúcar o este último con pulpa de café, etc. El bagazo de caña de azúcar, solo por ejemplo, tiene poco rendimiento, pero mezclado con pulpa de café o pajas mejora su calidad (Martínez – Carrera et al., 1985B; Guzmán – Dávalos et al., 1987 A; Martínez – Carrera et al., 1990 A).

El *Pleurotus* se cultiva exitosamente y la variedad más cultivada es la forma de abanico o forma de ostra (*Pleurotus ostreatus*) que crece sobre diversos residuos agrícolas utilizados como sustratos, obteniendo una buena eficiencia biológica para la mayoría de ellos, como se puede apreciar en la tabla 5 (Martínez – Carrera, 1989; González, 1994; Andrade, 1996) como lo han demostrado un gran número de autores.

En México se han desarrollado métodos rústicos para cultivar un variado grupo de hongos comestibles usando subproductos agrícolas y forestales como sustrato de crecimiento. Los hongos producen un amplio rango de enzimas extracelulares capaces de degradar estos complejos subproductos (Martínez – Carrera, 1998 a,b). Estos métodos se han transferido a distintas regiones rurales del país dando ventajas económicas, sociales y ecológicas para el desarrollo rural (Martínez – Carrera et al., 1999, 1998_{1y2} , 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1995 a y b, 1996 a y b, Aguilar, 1993).

En la planta rural de hongos comestibles *Pleurotus* en Cuetzalan, Puebla, México, se aprovechan residuos agrícolas como; pajas de cebada y trigo, rastrojo de maíz, pulpa de café, entre otros; los cuales una vez utilizados para el cultivo de los hongos comestibles pueden ser empleados como abono orgánico dentro de las fincas, representando esto un beneficio importante desde el punto de vista ecológico (Aguilar et al., 1993; Martínez – Carrera y Larqué – Saavedra, 1990; Martínez – Carrera et al., 1992; Martínez – Carrera et al., 1993).

El mayor desarrollo científico en el estudio y aplicación de esta tecnología empleando sustratos tales como: paja de trigo, paja de arroz, desechos vegetales, aserrín, etc., se reporta en China, Japón, Corea del sur, India, Holanda, RFA, Inglaterra y algunos países de Europa Oriental, Checoslovaquia, la antigua URSS y Hungría. Las mayores capacidades de producción del hongo “Ostra”, se encuentran en la RFA, la planta “Weiden”, es la más grande del mundo, con una capacidad ella sola de 4500 toneladas por año de hongo “Ostra” (ICIDCA, 1998).

II.4.- Aspectos ecológicos, económicos y sociales del cultivo de los hongos.

La producción de la industria de los hongos comestibles se ha ido incrementando a nivel mundial, especialmente en la producción de Champiñón, Shiitake, Seta (*Pleurotus*) y Auricularia. El incremento de las producciones y de la industria, en gran parte, se debe a las perspectivas de la industria, y a los avances en conocimientos y tecnología de la producción de hongos comestibles (Andrade, 1996).

El cultivo de los hongos, poco a poco, ha ido pasando de meras improvisaciones y técnicas caseras, a ser la base de una industria altamente tecnificada y fructífera. Chang (1991) hizo ver que la producción mundial de hongos comestibles cultivados en los tres últimos años,

se elevó en 72.5 %, con incremento anual de 24.5 %. La producción mundial de hongos cultivados en 1989 – 1990 fue 3 763 000 toneladas, con un valor de cerca de 7.5 billones de dólares (Figura 1).

Una valoración de la producción mundial de hongos cultivados desde 1950 hasta 1991 se puede observar en el gráfico 1 (Chang, 1993; Kurtzman, 1997). Lo cual representa de 1986 a 1991, un incremento de casi 100 %. La producción de *Agaricus* y *Pleurotus* se incrementó en 31 % y 437 % durante este periodo, respectivamente. También se puede ver como está la producción mundial, por especies de hongos en el periodo de 1981 a 1990, en la tabla 6.

La producción de hongos del género *Pleurotus* ha experimentado un crecimiento extraordinario a nivel mundial, fundamentalmente en países como Japón, Corea, Taiwan, Filipinas, Estados Unidos y Alemania. Esto ha estado condicionado con las ventajas que representa en comparación con otras especies, fundamentalmente con *Agaricus bisporus* (Champiñón comercial), como son: simplicidad de la tecnología de producción, la posibilidad de utilizar una amplia gama de sustratos orgánicos, y que pueden ser cultivados en climas de temperaturas tropicales (García – Rollán, 1985; Klibansky et al., 1993; Bermúdez et al., 1994).

Actualmente el *Pleurotus* ocupa la segunda posición en el mundo en producción total con volúmenes que sobrepasan 1.0 millón de toneladas por año, precedido solamente por las especies *Agaricus* (ICIDCA,1998).

II.5.- Generalidades de la pulpa de café.

La producción comercial de café es una importante actividad económica en la mayoría de los países de América Latina. La pulpa de café es el subproducto más importante del llamado procesamiento húmedo del café; este representa alrededor del 40 % del peso del fruto fresco (Tauk, 1986), y el 29 % en base al peso seco (Bressani et al., 1972).

Al igual que otros residuos agroindustriales, la pulpa de café posee componentes muy valiosos y componentes tóxicos como se puede ver en las tablas 7 y 8 (Bressani, 1979), así como otros productos cuya transformación puede resultar de gran interés económico, constituyendo una fuente de recursos renovables y de materia prima para industria de variada magnitud, generalmente asociadas al área rural. Esto les proporciona una mayor

importancia, e influye además en el desarrollo de una conciencia ecológica que adiciona nuevos alicientes para lograr el aprovechamiento de estos grandes volúmenes de materiales residuales. Entre las mejores alternativas para la explotación de este material se pueden encontrar los trabajos de Bouché, 1991; Antier et al., 1993; Boccas et al., 1993; Serrat, 1998.

Para lograr el adecuado aprovechamiento de estos residuales o subproductos es necesario conocer su composición, ya que esta puede variar por las condiciones típicas en que se desarrolla la plantación, por las atenciones culturales que recibe, las diferentes especies y el proceso de beneficio a que es sometido (Martínez – Carrera, 1987, 1989; Gaime – Perraud, 1993).

Debido a que la pulpa de café fresca solo está disponible durante 6 meses del año, se ha desarrollado el proceso de secado al sol de la misma para poder almacenarla y trabajar con ella el resto del año, así como facilitar su traslado a otros lugares donde no se cultiva el café (Soto et al., 1987; Bermúdez et al., 1994).

En muchos países se ha estudiado, el aprovechamiento del sustrato remanente, en forma de forraje beneficiado complementario, demostrándose en la India, Hungría, Japón y Checoslovaquia entre otros, las ventajas de su empleo para la alimentación animal, así como también en lombricultura, como fertilizante e incluso en la producción de biogás, lo que a su vez representa disponer de una tecnología sin desechos (ICIDCA, 1998; Martínez – Carrera et al., 1998₁).

En las Tablas 9 y 10 se puede observar el nivel de biodegradación que proporciona el cultivo de los hongos *Pleurotus* sobre la pulpa de café (; Martínez – Carrera, 1989).

Por las razones mencionadas aquí, se puede considerar que la pulpa de café remanente del cultivo de *Pleurotus* puede ser usada como alimento animal. Por otra parte, como está considerablemente degradada puede ser también utilizada como fertilizante orgánico (Martínez – Carrera, 1989).

De todos los aspectos anteriormente tratados, se puede apreciar que cultivar hongos comestibles en residuos agroindustriales o esquilmos, ha demostrado sus bondades tanto en países altamente industrializados, como en los subdesarrollados y siendo Cuba un país esencialmente agrícola, en el que se producen millones de toneladas anuales de esquilmos y

residuos agrícola – industriales, cuenta con un potencial enorme para el cultivo de los hongos en tales desechos.

Existen dos grandes planteamientos sobre el cultivo de los hongos:

“el cultivador de hongos deberá entender no solamente **cómo** cultivar los hongos,, sino el **por qué** seguir determinados procesos” y

“ la producción óptima de los hongos de hoy, será el promedio de la de mañana”,

y de que si bien es cierto que los hongos crecen muy rápido y de ahí el dicho popular:

“ criarse como un hongo de la noche a la mañana”

¡el cultivador de hongos comestibles requiere de ciertos cuidados y sobre todo de una preparación técnica y Dedicación Absoluta de Quien lo va Hacer! (Guzmán et al., 1993).

III- MATERIALES Y METODOS.

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 (ECICC), situada a 150 m.s.n.m., en Tercer Frente, provincia 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), (Gunterova et al., 1992; Klibansky et al., 1993; Gutiérrez et al., 1995, 1996), el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) de la Universidad de Oriente (Bermúdez et al., 1994, González, 1994) y la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao, (Bermúdez et al., 1994) y otros países del área (Guzmán et al., 1993; ICIDCA, 1998; Martínez – Carrera, 1987, 1989; Martínez – Carrera et al., 1989; Roltz et al., 1988).

III.1- Reactivos, equipos y técnicas analíticas.

Reactivos:

- Ninhidrina, Merck.
- Etanol absoluto, Reactibul.
- Piridina, Merck.
- Acido acético glacial, BDH.
- Acetato de sodio, Merck.
- Glicina, Merck.
- Acido tánico, BDH.
- Wolframato de sodio dihidratado, Reachin.
- Acido fosfomolibdico, Reachin.
- Acido fosfórico, BDH.
- Carbonato de sodio anhidro, Merck.
- Carbonato de sodio decahidratado, Merck.
- Tartrato de sodio y potasio, Reachin.
- Hidróxido de sodio, Fluka.
- Sulfato de cobre pentahidratado, Merck.
- Yoduro de potasio, Merck.
- Cloruro de sodio, Merck.

- Peptona, BDH.
- Fenol, Fluka.
- Sacarosa, BDH.
- Acido sulfúrico concentrado, Fluka.
- Vainillina, BDH.
- Trioleína, BDH.
- Acetona, BDH.
- Benceno, BDH.
- Acido clorhídrico, Merck.
- Eter etílico, Fluka.
- Selenio, Fluka.

Equipos:

- Autoclave, BK-75, URSS.
- Balanza analítica, Sartorius, Made in Germany.
- Balanza técnica, Sartorius, Made in Germany.
- Centrífuga, Janetzki – T32A, GDR.
- Espectrofotómetro, SP 6- 450 UV/VIS, Pye Unicam.
- Estufa, Memmert, Made in Western Germany.
- Fotómetro de llama, Flapho – 4, GDR.
- Higrómetro, Cure-Master, Made in Germany.
- Homogenizador, Made in England.
- Incubadora refrigerada, Gallenkamp, Made in England.
- Mantas de calentamiento, Electrothermal, Made in England.
- Molino doméstico.
- Mufla, MLW, Made in GDR.
- Termómetro, TM6-1, Made in URSS.
- Tractor, MTZ-80, URSS.
- Ventilador, URSS.
- Destilador de agua, A3-10, URSS.
- pH-Metro, Philips, Made in U.K.

Técnicas analíticas:

➤ **Análisis bromatológico:** la determinación de proteína bruta, extracto etéreo, cenizas, materia seca, humedad y minerales (Ca, P, Na, K, Fe), se desarrollaron de acuerdo a las técnicas establecidas para este tipo de muestras. (Herrera et al., 1980)

Además se realizó la determinación de lípidos, carbohidratos, aminoácidos libres, proteínas y taninos; para determinar la cantidad de estos componentes, se seleccionaron métodos de trabajo basados en reacciones de desarrollo de color conocidas, estos métodos se han usado con éxito en otros sustratos y son los siguientes:

➤ **Taninos:** método espectrofotométrico por la reacción de color con el reactivo Folin-Denis. (Riberaux et al., 1962)

➤ **Carbohidratos:** desarrollo del cromóforo Fenol- Sulfúrico. (Dubois, 1950)

➤ **Aminoácidos:** método colorimétrico por reacción con Ninhidrina. (Henri, 1964)

➤ **Lípidos:** desarrollo del cromóforo de Sulfovainillina. (Frinjes et al., 1970)

➤ **Proteínas:** método espectrofotométrico de Biuret. (Brewster, 1975)

➤ **Determinación de microelementos y minerales:** determinación cuantitativa de elementos metálicos por medio de espectroscopía de emisión atómica.

III.2.- Cepa seleccionada.

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 (Klibansky et al., 1993; Gutiérrez et al., 1995, 1996; ICIDCA, 1998).

III.3.- Sustrato empleado para el cultivo.

Se utilizó como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* la pulpa de café de las especies *Coffea arábica* L. y *Coffea canephora* Pierre, deshidratada al sol durante 5 – 6 días, tomada durante el mes de noviembre de la cosecha de 1998, en la despulpadora “Filé”, en la región de Tercer Frente, provincia Santiago de Cuba.

III.4.- Tecnología empleada para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. (Figura 2.)

➤ 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):

Se toma la placa petri con el micelio crecido sobre el medio y se cuadrícula aproximadamente a 1 cm² y se inoculan los frascos de vidrio de boca ancha (6.5 x 12 cm), que contienen 200 g de semillas de trigo; las que fueron 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 conteniendo 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, 1984; Klibansky et al., 1993)

El procesamiento del sustrato se realiza de la forma siguiente:

➤ Secado al sol:

Se toma la pulpa de café fresca procedente del proceso de beneficio húmedo del café, de las especies *Coffea arábica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, y se traslada a los secaderos, se esparce en toda el área de este, formando una capa de 1.5 – 2.0 cm aproximadamente, se remueve cada dos horas con rebota, es decir, 4 veces por jornada de trabajo de 8 horas, 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 a 6 días, en que la pulpa está seca y lista para ser recogida.

➤ **Envasado:**

La pulpa de café ya seca, se hacen varias pilas en el secadero, 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 alambazón 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 minutos se realiza el proceso de pasteurización. Luego se saca de la cesta, se escurre y se envasa nuevamente en sacos, donde 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 a 10 minutos, 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.

Después de tener el sustrato listo y el inóculo de segunda generación, se procede a la siembra del hongo.

➤ **Siembra del hongo (inoculación):**

El sustrato pesado (4 kg) y vertido en la bandeja plástica, se le adiciona un pomo de inóculo (6.5 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 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 arábica y otro con pulpa de café canephora, utilizando un diseño totalmente aleatorizado.

➤ **Colonización del sustrato:**

En este periodo, 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):**

Periodo en el cual, una vez colonizado el sustrato, el hongo cambia de su fase de crecimiento vegetativa, 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 fotoperiodos de 12 horas/día, lo que se logró con lámparas fluorescentes de 40 watts.

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 una hora.. Para mantener el nivel de CO₂ por debajo de 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 horas 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, la eficiencia biológica (Tschierpe y Hartmann, 1977) y el rendimiento. Además se controla la temperatura y la humedad relativa en tres horas del día (7.00 a.m., 12.00 m. y 5.00 p.m.) y durante todo el proceso de fructificación.

III.5.- Parámetros determinados a la pulpa de café, a los hongos y al sustrato remanente (pleurotina).

Se realizan determinaciones (análisis bromatológico), al sustrato utilizado, así como a los hongos y al sustrato remanente en ambos tratamientos. Para las determinaciones se utilizaron las técnicas analíticas mencionadas en (III.1)

Las muestras analizadas se secan, trituran y tamizan a 70 mesh. Conociendo las características de las muestras, se desarrolla un esquema de extracción para lograr la separación de los componentes a determinar (Traba et al., 1994). Para todas las determinaciones, se desarrollan 5 réplicas.

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 tres horas 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 periodo 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.)(%): $(\text{Masa de hongos frescos}/\text{Masa de sustrato seco}) \times 100$

Rendimiento(R)(%): $(\text{Masa de hongos frescos}/\text{Masa de sustrato húmedo}) \times 100$

III.6.- Procesamiento estadístico de los resultados.

Para todas las determinaciones, los datos se procesan estadísticamente a través del programa Statistic 4.2 para Windows, obteniendo una variabilidad por debajo del 1%.

Los datos de producción total de hongos, eficiencia biológica y rendimiento se procesan estadísticamente mediante un análisis de varianza (Anova), para determinar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (Tabla 18).

A los datos correspondientes a las cosechas se les hizo un arreglo factorial y se procesan 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 19).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados obtenidos en el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cfr. Florida en condiciones rurales en Tercer Frente, provincia Santiago de Cuba, utilizando como sustrato la pulpa de *Coffea arabica* y la pulpa de *Coffea canephora*, se han estudiado con aplicación de la fermentación en estado sólido de estos residuos, y tomando como base los resultados obtenidos anteriormente (Bermúdez et al., 1994) de *Coffea arabica* en condiciones controladas en el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial.

Estas especies de café presentan determinadas características químicas y físicas, que de una u otra forma influyen en el desarrollo micelial, fructificación y rendimiento final del cultivo. En la tabla 11 se pueden observar algunas de las características de los dos sustratos utilizados, donde se tiene un contenido en todos los parámetros determinados, que es semejante a los reportado por Bressani, 1979, (Tabla 7), se observan valores ligeramente superiores en la pulpa de café arábica utilizada en el experimento, en cuanto a materia seca, proteína bruta, calcio, potasio, fósforo, hierro, taninos, carbohidratos y aminoácidos. Los demás parámetros determinados (humedad, cenizas, extracto etéreo, fibra bruta y sodio, se encuentran ligeramente por debajo o en la misma proporción que los reportados en la tabla 7.

En cuanto a la pulpa de café canephora se puede plantear que tiene menor cantidad que la pulpa de café arábica, en la humedad, proteína bruta, calcio, sodio, potasio, carbohidratos y aminoácidos, observándose valores ligeramente superiores, en cuanto a materia seca, cenizas y fósforo (Tabla 7).

Teniendo en cuenta más directamente la proporción en que se encuentran los distintos componentes presentes en los dos sustratos utilizados para el cultivo, se puede observar que la pulpa de café arábica, tiene un mayor valor de humedad que la pulpa de café canephora, debido a que esta última tiene mayor dureza, menor porosidad y por lo tanto menor capacidad de absorción de agua, lo que influye de forma negativa en el desarrollo del hongo en su fase de colonización, así como en la asimilación de nutrientes, también tendrá pocos espacios intercelulares, por lo que dificultará la aireación, tan importante para los hongos, creemos que todos estos factores traen como consecuencia que se obtengan menores rendimientos en el cultivo de *Pleurotus* en pulpa de café canephora.

En el caso de la materia seca, como es lógico tiene menor valor la pulpa de café arábica, ya que este es el parámetro opuesto a la humedad, por lo que el sustrato absorbe mayor cantidad de agua, que la pulpa de café canephora, con los mismos efectos planteados anteriormente para el rendimiento y desarrollo completo de los cuerpos fructíferos.

Para las cenizas se obtuvieron valores de 7.6 % en pulpa de café arábica y de 9.3 % en pulpa de café canephora, valores que se deben a las diferencias de los suelos, diferentes características de las especies y prácticas agrícolas realizadas en el cultivo del cafeto.

Para la proteína bruta, que representa el nitrógeno que contienen los dos sustratos, la especie arábica contiene mayor cantidad que la especie canephora, lo que trae como resultado que se obtengan menores rendimientos en la pulpa de café canephora, al necesitar el nitrógeno para la elaboración de sus proteínas y para su crecimiento. Este comportamiento, de la influencia del nitrógeno, se ha observado también en otros sustratos o mezclas de ellos para el cultivo de *Pleurotus*, obteniendo diferentes rendimientos, como se puede ver en la tabla 5.

Como se planteó anteriormente según Guzmán et al., 1993, entre los minerales más importantes para el crecimiento de los hongos están el hierro, cobre, magnesio, sodio, potasio, calcio y fósforo, los cuales pueden estar en forma de cloruros, fosfatos y carbonatos entre otros. En los dos sustratos utilizados en nuestro experimento, en el cultivo de *Pleurotus*, tenemos la presencia de hierro, calcio, sodio, potasio, fósforo y otros no determinados, encontrándose en mayor cantidad en la pulpa de café arábica el calcio, el sodio, el potasio y el hierro; en el caso del fósforo presenta valores mayores la pulpa de café canephora. El tener un mayor contenido en cuanto a los elementos minerales determinados para la pulpa de café arábica trae como consecuencia un mejor y más rápido crecimiento del hongo, así como un mayor rendimiento de los cuerpos fructíferos en este sustrato.

Todo sustrato al inocularse presenta un pH, el que influye positiva o negativamente en el desarrollo y crecimiento del hongo. En el caso de los hongos generalmente, se requieren sustratos con pH ligeramente ácidos o neutros, de 6 a 7 (Guzmán et al., 1993). Como se puede observar en la tabla 11., el pH de la pulpa de café arábica es de 7.1, cercano a neutro, mientras que el de la pulpa de café canephora es de 4.8, ácido, según estos valores, se puede plantear que el desarrollo y crecimiento del hongo será mejor y más rápido en la

pulpa de café arábica, acelerando el crecimiento del hongo, teniendo como resultado final un ciclo más corto y mayor rendimiento de los cuerpos fructíferos. En el caso del pH reportado por Bressani, 1979 en la tabla 7., se observa un valor intermedio entre la pulpa de café arábica y la pulpa de café canephora utilizadas, es de 5.6, ligeramente ácido, por lo que esta pulpa de arábica se comporta en el cultivo de hongos con valores intermedios entre los utilizados en los experimentos realizados según el valor de pH.

Los taninos presentes en la pulpa de café arábica representan el 4.92 %, no siendo determinados para la pulpa de café canephora, aunque no es de los componentes necesario para la nutrición de los hongos, ellos lo degradan y transforman para su nutrición.

Entre las fuentes de energía y carbono, para formar las sustancias estructurales de la célula se encuentran los carbohidratos. En los sustratos utilizados, se encontró un 21. % en pulpa de café arábica, mayor que el 9.65 % en pulpa de café canephora, por lo que hay una mayor cantidad de cuerpos fructíferos, es decir, un mejor rendimiento en la pulpa de café arábica.

Las proteínas solubles en la pulpa de café arábica es de 12.7 %, no se determinó en la pulpa de café canephora, teniendo gran importancia este parámetro en la nutrición de los hongos, al contener el nitrógeno necesario para la formación de sus proteínas.

De la misma manera, en el caso de los aminoácidos el mayor valor está en la pulpa de café arábica, como es lógico ya que estos son las bases estructurales de las proteínas y están en mayor cantidad en la pulpa de café arábica, como se discutió anteriormente; influyendo también en que se obtengan mejores rendimientos en pulpa de café arábica.

Los lípidos determinados en pulpa de café arábica representan el 2.6 %, aunque no se determinaron en la pulpa de café canephora, estos son utilizados como fuente de energía y carbono por el hongo durante su desarrollo y crecimiento. Por otro lado, se encontró que el sustrato después de pasteurizado, contiene entre 67 y 70 % de humedad para pulpa de café canephora y entre 75 y 80 % para pulpa de café arábica, lo que influye en las distintas fases del cultivo. Implicando diferencias en crecimiento micelial, asimilación de nutrientes, crecimiento y desarrollo de las fructificaciones, así como en el rendimiento final del cultivo.

Para controlar y evaluar el comportamiento de la temperatura, se realizaron mediciones a las 7.00 a.m., 12.00 m. y la 5.00 p.m., obteniendo valores medios inferiores a los óptimos

durante todo el experimento (para ambas fases del proceso), como se puede observar en el gráfico 4 y la tabla 12.

De la misma manera se realizaron mediciones de humedad relativa (H.R) a las 7.00 a.m., 12.00 m. y la 5.00 p.m., obteniendo valores medios superiores al rango óptimo a las 7.00 a.m. y 5.00 p.m., estando en el rango el registrado a las 12.00 m., como se puede observar en el gráfico 5 y la tabla 12.

El comportamiento de la humedad relativa durante el desarrollo experimental, se observó entre un mínimo de 84.0 % y un máximo de 100 %, siendo el valor medio para la misma de 96.3 %, encontrándose por encima de los valores óptimos reportados para esta cepa (Klibansky et al., 1993; Guinterova et al., 1992; Bermúdez et al., 1994). Observándose una disminución a las 12.00 m., con el aumento de la temperatura, como se puede observar en el gráfico 3 y la tabla 12.

Además, se puede observar en el gráfico 3. que los valores medios de humedad relativa tienen un comportamiento similar a los registrados a la 5.00 p.m.. De la misma manera se puede ver en el gráfico 2. Que los valores medios de temperatura tienen un comportamiento cercano a los registrados a la 12.00 m.

El desarrollo de este trabajo transcurrió durante los meses de diciembre de 1998 a febrero de 1999, 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 café arábica y de 25 a 30 días para la pulpa de café canephora (Tabla 13), siendo ambos resultados de mayor tiempo que los reportados anteriormente para la misma pulpa de café arábica (Bermúdez et al., 1994) que son de 15 a 18 días, existiendo una diferencia de 2 a 5 días y de 10 a 15 días, para la pulpa de café arábica y la pulpa de café canephora, respectivamente. Esta diferencia es debido en gran medida a las bajas temperaturas registradas durante el desarrollo experimental, como se puede ver en el gráfico 2., las que tuvieron valores entre 21.0 °C 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 a 26.0 °C, según Klibansky et al., 1993; Bermúdez et al., 1994, donde los ciclos productivos desarrollados a temperaturas óptimas para esta cepa adaptada a condiciones tropicales, dura entre 45 a 50 días.

Teniendo además influencia en que los periodos entre las oleadas de las distintas cosechas se alarguen, para pulpa de café arábica de 8 a 9 días en la primera cosecha, alrededor de 15 días para la segunda cosecha y 20 días aproximadamente para la tercera cosecha, durando el periodo de fructificación y cosecha alrededor de 45 días, siendo este también superior al logrado anteriormente por Bermúdez et al., 1994, donde los periodos entre cosechas oscilan entre 8 a 10 días de forma estable para todas las cosechas y el periodo de fructificación y cosecha dura 30 días.

Para la pulpa de café canephora, sucede lo mismo ya que los periodos entre las cosechas se alargan y además varían durante toda la fructificación, donde se realizan 5 cosechas, entre 6 y 10 días en la mayoría de los casos, existiendo además tiempo entre cosechas de 14 a 25 días, pero en menor proporción contribuyendo también a que el tiempo total sea de 65 días y el periodo de fructificación y cosecha dure 45 días. Como se puede observar en ambos sustratos estudiados, el periodo total del ciclo es mayor que en cultivos realizados a temperaturas óptimas para la cepa utilizada. (Bermúdez et al., 1994)

Como se planteó anteriormente la cepa de *Pleurotus* utilizada para el cultivo, es un híbrido adaptado a condiciones tropicales, el cual necesita temperaturas óptimas antes mencionadas, para su desarrollo durante la etapa de colonización y de fructificación. En el periodo que se desarrolló el experimento se detectó que al realizar este a más bajas temperaturas como se puede observar en el (gráfico 2), se alarga el periodo de desarrollo micelial (colonización) y de desarrollo de los cuerpos fructíferos (fructificación).

Después de conocer y discutir algunas de las características de los sustratos, donde el sustrato pasteurizado presenta un 67 – 70 % de humedad para pulpa de café canephora y un 75 – 80 % para pulpa de café arábica, teniendo un peso de sustrato seco para pulpa de café arábica de 1 kg/bolsa y para pulpa de café canephora de 1.2 kg/bolsa, teniendo un mayor valor esta última debido a su menor porosidad, mayor dureza, lo que hace que tenga menor capacidad para absorber el agua, como se puede ver en los valores de humedad planteados y discutidos anteriormente.

Durante el cultivo se obtuvieron hasta 3 cosechas para la pulpa de café arábica como se puede ver en la tabla 13, logrando 909.2 g en la primera cosecha, lo que representa un 64.43 %, 323.6 g en la segunda, para un 23.29 % y 156.6 g en la tercera, representando esta el 11.27 % del total que fue de 1389.4 g, siendo este un valor promedio para 70

réplicas. En el caso de la pulpa de café canephora se lograron 5 cosechas en el mismo periodo de tiempo, teniendo una cantidad de 347.7 g en la primera cosecha, que representa el 43.14 %, siendo esta menor que la primera cosecha en pulpa de café arábica, 217.8 g en la segunda cosecha, lo que representa un 27.02 %, siendo esta menor que la segunda cosecha en pulpa de café arábica, para la tercera se lograron 117.8 g, con un 14.61 % del total, siendo también menor que la tercera cosecha obtenida en pulpa de café arábica, para la cuarta cosecha se lograron 76.8 g de cuerpos fructíferos, lo que representa un 9.53 % y la quinta cosecha donde se logró 45.8 g de cuerpos fructíferos para cada réplica, lo que representa un 5.68 % del total, que fue de 805.9 g promedio de 66 réplicas, ya que fueron desechadas 4 por presentar mal crecimiento micelial.

Además de lo anteriormente planteado, se puede ver en la tabla 13 que la primera cosecha para pulpa de café arábica fue la de mayor producción, diferenciándose significativamente de todas las restantes cosechas. Esta fue seguida por la primera de canephora y la segunda de arábica, sin diferencias significativas entre si, pero si con las demás.

La cosecha de menor producción en el análisis realizado fue la tercera de canephora y la tercera de arábica, no diferenciándose significativamente entre ellas, esta última no se diferencia significativamente de la segunda de canephora para $\alpha = 0.05$.

Como se puede ver, se obtuvo un valor significativamente superior en cuanto a producción total, en pulpa de café arábica, con 583.5 g de diferencia por réplica (bolsa) como promedio, lo que representa un 42 % más de producción en pulpa de café arábica que en pulpa de café canephora. Esto traerá como resultado que también sea significativamente superior la eficiencia biológica y el rendimiento obtenidos, con valores de 138.9 % y 67.1 % y 34.7 % y 20.1 %, para pulpa de café arábica y pulpa de café canephora, respectivamente.

Estos resultados anteriormente discutidos, tienen explicación lógica debido a las diferencias en las características de los dos sustratos aquí utilizados, que dejan ver claramente como la pulpa de café arábica presenta mejores características para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* que la pulpa de café canephora, aunque esto no quiere decir que no se pueda utilizar, ya que presenta rendimientos superiores a los obtenidos en otros sustratos como se puede ver en la tabla 5, 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, como se puede ver en la tabla 5.

Teniendo en cuenta las características de los sustratos utilizados en el cultivo, analizados anteriormente, se pueden observar algunas de las características de los cuerpos fructíferos obtenidos en la tabla 14., para pulpa de café arábica y pulpa de café canephora, con una humedad de 93.17 % y 92.63 %, respectivamente. Teniendo en cuenta el valor ligeramente superior obtenido en pulpa de café arábica, lo que puede estar en correspondencia con la mayor humedad asimilada por este sustrato y asimilada por los cuerpos fructíferos durante su nutrición. Por otro lado se puede ver como la humedad de ambos cuerpos fructíferos es mayor que la de los obtenidos en residuos de la cosecha de caña de azúcar (88.51), según Geplacea, 1990 en la tabla 1., pudiendo estar influenciado esto además de las diferencias entre los sustratos por la elevada humedad relativa existente en el local de cultivo donde se desarrolló el experimento.

En el caso de la materia seca, como es lógico que ocurra al ser este parámetro el complemento de la humedad, el valor es superior en los cuerpos fructíferos obtenidos en pulpa de café canephora con 7.37 % por 6.74 % para los obtenidos sobre pulpa de café arábica y por lo tanto ambos menores que los obtenidos en residuos de la cosecha de caña de azúcar con 11.41 %, según Geplacea, 1990 (Tabla 1.).

El extracto etéreo aunque no presenta diferencias significativas, tiene valores ligeramente superiores, en los cuerpos fructíferos obtenidos en pulpa de café arábica con respecto a pulpa de café canephora con valores de 7.72 % y 7.68 %, respectivamente, lo que concuerda con las características de los sustratos. Como se puede observar en la tabla 1, los cuerpos fructíferos obtenidos sobre residuos de la cosecha de caña de azúcar, contienen menos grasa (4.28%), lo que está influenciado por las diferencias entre los sustratos, al ser más pobre en su composición que la pulpa de café.

Para la fibra bruta, los cuerpos fructíferos obtenidos en pulpa de café arábica presentan mayor valor que los obtenidos en pulpa de café canephora con 7.20 % y 2.56 %, respectivamente, aunque no se puede especificar la influencia del sustrato debido a que no fue posible determinar este parámetro para la pulpa de café canephora. En comparación con los cuerpos fructíferos obtenidos sobre residuos de la cosecha de caña de azúcar, se puede ver que estos últimos presentan un valor significativamente superior con 14.40 % según

Geplacea, 1990 (Tabla 1), a los obtenidos sobre ambos tipos de pulpa de café, lo que se debe a las características de los residuos de la caña de azúcar de presentar elevado contenido de carbohidratos (mono y polisacáridos) y específicamente lignina, celulosa y hemicelulosa.

El contenido de cenizas de los cuerpos fructíferos obtenidos en pulpa de café arábica es ligeramente menor que los obtenidos en pulpa de café canephora, con 8.25 % y 8.46 %, respectivamente, lo que está en correspondencia con el contenido de cenizas presente en los sustratos, con mayor cantidad en la pulpa de café arábica, que en la pulpa de café canephora, como se discutió anteriormente. En cuanto a la cantidad de cenizas de los cuerpos fructíferos obtenidos sobre los residuos de la cosecha de caña de azúcar, se observa en la tabla 1, que es ligeramente menor que los obtenidos en ambos tipos de pulpa de café, lo que está condicionado por las características de los residuos de la caña de azúcar que presentan una composición más pobre que los aquí utilizados.

Los ácidos nucleicos presentes en los cuerpos fructíferos obtenidos sobre pulpa de café arábica representan el 5.17 %, no siendo determinado este parámetro en los cuerpos fructíferos obtenidos sobre pulpa de café canephora, pero los mismos deben estar cercanos a este valor.

Después de cosechar los últimos cuerpos fructíferos, se obtiene un sustrato remanente (pleurotina), que presenta determinadas características, las que permitirán su aprovechamiento después del cultivo.

Como se puede apreciar en la tabla 15., el valor de la humedad del sustrato remanente de la pulpa de café arábica es superior al de la pulpa de café canephora, valores estos que corresponden con las características antes discutidas de los sustratos. Al comparar estos valores con el sustrato remanente de pulpa de café arábica (tabla 9), según Martínez – Carrera, 1989 se observó que este último presenta un valor de 81.8 %, siendo mayor que el de los sustratos remanentes antes mencionados, lo que se debe al contenido de humedad inicial del sustrato de cultivo.

La materia seca presente en los sustratos remanentes, está en correspondencia con la humedad antes discutida, y presenta un valor superior en pulpa de café canephora, que en pulpa de café arábica con 40.39 % y 22.97 %, respectivamente. Así como ambos tienen

mayor valor que el reportado para el sustrato remanente de pulpa de café arábica, de 18.2 % según Martínez – Carrera, 1989.

En el caso de las cenizas contenidas en los sustratos remanentes de pulpa de café arábica es menor que para el de pulpa de café canephora con 7.40 % y 13.82 %, respectivamente, lo que se corresponde con las cantidades presente en los sustratos como se discutió anteriormente. Al observar las cantidades presentes en el sustrato remanente de pulpa de café arábica, obtenido por Martínez – Carrera en 1989 con un 15.2 % como se puede ver en la tabla 9, valor superior al de los obtenidos en estos experimentos, lo que está dado ya que los cultivos de café se desarrollan en condiciones diferentes de clima, suelos, especies y prácticas agrícolas realizadas, y esto influye en la composición y características de los sustratos (pulpa de café), así como en el sustrato remanente obtenido.

La grasa bruta que se encuentra en los sustratos remanentes es de 2.10 % y 3.8 % para pulpa de café arábica y pulpa de café canephora, respectivamente, siendo ligeramente superiores en pulpa de café canephora, lo que puede estar condicionado por una menor asimilación por los cuerpos fructíferos durante su nutrición, debido a las características del sustrato pulpa de café canephora, con más dureza, menor porosidad y menor capacidad de absorción de agua. En comparación con el sustrato remanente de Martínez – Carrera, 1989 (Tabla 9), podemos ver que este último presenta un 1.8 %, valor menor que el encontrado en los sustratos remanentes aquí analizados, causado esto por las diferencias en las características de los sustratos, obtenidos de diferentes especies, climas, y prácticas agrícolas realizadas. También pueden influir diferencias en las condiciones del cultivo de los hongos, preparación del sustrato, etc.

Los carbohidratos encontrados en el sustrato remanente tienen valores de 0.35 % y 10.93 %, para pulpa de café canephora, respectivamente, siendo mayores en pulpa de café canephora, lo que se debe a diferencias en la asimilación de los nutrientes por el hongo, ya que este sustrato tiene menos porosidad, capacidad de absorción de agua, aireación, más dureza, lo que dificulta la nutrición. En el caso del valor reportado en la tabla 9 por Martínez – Carrera, 1989 se puede ver que es significativamente superior (29.9 %) a los anteriormente analizados.

El contenido de fibra bruta en el sustrato remanente tiene valores de 14.04 % y n.d., para pulpa de café arábica y pulpa de café canephora, respectivamente, como se puede observar

en la tabla 15; teniendo como referencia un 31.4 % en la tabla 9 según Martínez – Carrera, 1989, superior al obtenido en este experimento, debido a diferencias en los rendimientos y asimilación de nutrientes, específicamente de los carbohidratos (polisacáridos) componentes de la fibra.

La pulpa de café en su composición presenta sustancias tóxicas, entre las que se encuentran los taninos, que después de finalizado el cultivo de los hongos puede o no estar presente en el sustrato remanente. En las determinaciones realizadas a los sustratos remanentes de pulpa de café arábica y pulpa de café canephora, se obtuvieron valores de 0.026 % y trazas, respectivamente, siendo superiores en pulpa de café arábica. Según reportes de Martínez – Carrera, 1989 el sustrato remanente del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, no presentó taninos al realizarle un análisis cualitativo (Tabla 9).

Como se puede observar en lo anteriormente discutido, la pulpa de café utilizada en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, disminuye significativamente el contenido de taninos a niveles despreciables o lo elimina totalmente durante el proceso fermentativo, para la nutrición y crecimiento de los cuerpos fructíferos.

Otro parámetro a tener en cuenta en estos sustratos remanentes es el pH, el que tiene valores de 7.88 y 5.4, para la pulpa de café arábica y la pulpa de café canephora, es mayor en la pulpa de café arábica, estando en correspondencia con el valor inicial del sustrato de cultivo analizado anteriormente, aumentando ligeramente su valor en ambos casos, debido a sustancias elaboradas y excretadas al medio durante el proceso fermentativo por este y otros organismos presentes en el.

A través de este proceso biológico de fermentación en estado sólido, la pulpa de café se transforma en tres porciones de la manera siguiente; con un valor aproximado de 33.08 % es convertido en cuerpos fructíferos, el 2.46 % es liberado como dióxido de carbono por respiración y agua por pérdida por deshidratación y la pulpa de café arábica remanente es de un 64.46 %, como se puede ver en la tabla 16, en la misma se puede observar para la pulpa de café canephora una conversión de un 19.19 % en cuerpos fructíferos, un 17.66 % es liberado como dióxido de carbono y agua por pérdida por deshidratación y un 63.15 % representa el sustrato remanente obtenido, valores estos en correspondencia con los resultados obtenidos en la producción de cuerpos fructíferos, mayor en pulpa de café arábica como se discutió anteriormente.

Para el sustrato remanente se obtienen menores valores en pulpa de café *canephora* al tener una menor absorción de agua y también al perder mayor cantidad de agua durante el proceso, como se discutió al analizar la caracterización del sustrato remanente en la tabla 15, donde este tiene menor humedad que el de pulpa de café arábica.

Como determinó Martínez – Carrera en 1989, la conversión de la pulpa de café arábica utilizada en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Tabla 10), es del 17 % convertido a cuerpos fructíferos, valor este similar al obtenido en pulpa de café *canephora*, pero igualmente inferior al obtenido para pulpa de café arábica. La conversión en dióxido de carbono y agua, perdidos por respiración y deshidratación, respectivamente, es de 56 % valor este muy superior a los obtenidos en los sustratos remanentes aquí estudiados. En el caso del sustrato remanente obtenido, es del 27 %, siendo este significativamente inferior a los obtenidos en este experimento para ambos sustratos.

Después de analizar todos estos aspectos relacionados con los dos sustratos en el cultivo, los cuerpos fructíferos obtenidos y el sustrato remanente se puede decir que el proceso de cultivo de los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, permite la utilización efectiva de estos sustratos aprovechándolos, con lo que se contribuye a la descontaminación del medio ambiente, a la obtención de un alimento de excelentes cualidades organolépticas y nutricionales como se puede ver en las tablas 1, 2, 3 y 14, que ayuda a suplir el déficit proteico que existe en estas zonas donde se cultiva, así como la obtención de un sustrato remanente, donde se han degradado las sustancias tóxicas como taninos y cafeína, entre otros, total o hasta niveles muy bajos donde no tienen efectos negativos, además de ser degradados los carbohidratos (mono y polisacáridos) a niveles más bajos, permitiendo la utilización de este, como componente en las dietas de piensos, para la obtención de biogás, como abono orgánico y para lombricultura, teniendo en cuenta su composición como se puede ver en las tablas 9 y 15, según Martínez – Carrera, 1989; ICIDCA, 1998; Martínez – Carrera et al., 1998₁, esto permite disponer de una tecnología sin desechos, es decir, una tecnología limpia.

El proceso de cultivo de los hongos comestibles sobre desechos agrícolas e industriales ha demostrado excelente resultados, debido a la facilidad y economía de sus tecnologías, lo que ha aumentado significativamente su cultivo en el mundo en las últimas décadas (Gráfico 1) y continuará aumentando en el futuro. También se observa como el hongo

Pleurotus ha incrementado su volumen de producción en la última década a gran velocidad, situándose entre los de más volumen productivo, entre todas las especies, solo superado por *Agaricus bisporus* (Champiñón) (Tabla 6), representando para este último un 37.6 % de la producción mundial, seguido de *Pleurotus* con 24.1 %, ambos con producciones muy superiores al resto de las especies cultivadas, como se ve en la figura 1. Todo esto nos indica, la importancia de incrementar el cultivo de esta especie que aquí se ha discutido, teniendo en cuenta la sencillez de su tecnología, la posibilidad de aprovechar grandes volúmenes de residuos agrícolas existentes en nuestro territorio y la necesidad proteica existente en la dieta de nuestra población, en las instituciones hospitalarias y centros educativos internos, etc., así como la posibilidad de abastecer a centros turísticos, que operan en divisa y que importan este producto.

Estudio de viabilidad

Para realizar este análisis se tomó como base de cálculo los resultados obtenidos en la planta rural de cultivo de hongos comestibles de la ECICC, lo que permitió valorar las principales partidas durante los experimentos.

Teniendo en cuenta los parámetros mencionados anteriormente, en el desarrollo de la tecnología de producción, es que se han analizado las distintas fases del ciclo productivo, permitiendo confeccionar la tabla de gastos (Tabla 17).

Para totalizar los gastos se tomó como base la existencia de una tasa de cambio paritaria entre el dólar y el peso cubano.

La partida de mayor volumen es la de salarios con un 88.3 % de los gastos en moneda nacional (MN) y un 79.8 % de los gastos totales, incidiendo en esto el nivel salarial del investigador que realiza estas producciones, en una planta industrial el personal universitario es mínimo con la consecuente disminución de este monto.

La otra partida de mayor relevancia es la de materias primas que representa un 6.5 % de los gastos totales y un 7.2 % de los gastos en moneda nacional (MN), los cuales son necesarios para obtener el producto y comprende la pulpa de café (sustrato) y el inóculo comercial cuyo soporte es el trigo, la pulpa es un residual que cuesta muy barato y la cantidad de trigo es mínima, aunque es adquirido en divisas.

A continuación se encuentra la partida de servicios, que representa un 6.3 % del total de gastos y un 66.2 % de los gastos en divisas (MLC), lo que es necesario para establecer las condiciones ambientales, apoyándose en el agua y fundamentalmente en la electricidad, necesaria para iluminación y cambios de aire en el local de cultivo.

Se debe tener en cuenta como otra partida que influye en el gasto, el combustible que representa el 4.0 % del total de gastos y un 4.5 % de los gastos en moneda nacional (MN). A pesar de que el montaje es pequeño, es muy importante esta partida ya que el combustible permite el traslado y posterior pasteurización de la pulpa de café.

La partida más pequeña, pero no por eso menos importante es la de materiales, que comprende el fundazol, sacos de polipropileno y las bolsa de PVC (30 cm x 50 cm), material este imprescindible para el desarrollo del cultivo.

No se tomaron en cuenta los gastos de depreciación ya que los equipos utilizados pasaron su ciclo de vida útil.

En general de los gastos totales el 90.4 % de ellos corresponden a moneda nacional (MN) y sólo un 9.6 % en moneda libremente convertible.

Los gastos en divisas por kg son aceptables y más aún, si se tiene en cuenta que el precio del kg de hongos oscila de \$ 4.5 a 7.0 \$ USD, en dependencia del tipo de hongo y la forma de elaborarlo y expendirlo.

Teniendo en cuenta el análisis realizado anteriormente se calculó la demanda de este producto en nuestra zona (Tercer Frente), en tres sectores donde es posible y necesario el consumo del mismo; son estos los hospitales y hogares maternos del municipio, la villa “El Saltón” y las escuelas internas existentes en el municipio, así como trabajadores de nuestro centro; es importante aclarar que este producto ya se comercializa en dos formas; fresco y encurtido, en las instituciones de salud pública del municipio, la villa “El Saltón” y los trabajadores del centro, así como algunos pobladores de este municipio y de otros lugares de nuestra provincia.

Tomando como base lo anteriormente planteado tenemos una demanda de:

Villa “El Saltón”: con 9000 turistas/año y asumiendo un consumo de 0.1 kg (100g), en una comida por día se necesitarían 900 kg de hongos anuales para satisfacer esta necesidad.

Instituciones de salud pública: con 8294 pacientes/año y asumiendo un consumo de 0.1 kg (100g), en una comida por día se necesitarían 829.4 kg de hongos anuales para satisfacer este mercado.

Escuelas internas: con un promedio de 1749 estudiantes/año y asumiendo un consumo de 0.05 kg (50g), en una comida por día y en 100 días al año, se necesitarían 8745 kg de hongos anuales para cubrir esta demanda.

Como resultado de este estudio se tiene un valor total de 10.474 ton de hongos necesarios para cubrir las necesidades en estos tres sectores del ámbito social de Tercer Frente.

A la par de la ejecución de estos trabajos de cultivo de hongos comestibles *Pleurotus*, se han realizado presentaciones de trabajos sobre el tema en eventos, programas de radio y de televisión, así como en la prensa nacional y provincial, con el fin de dar a conocer las excelentes cualidades organolépticas, nutritivas y para la salud con que cuenta este producto, logrando de esta forma crear una cultura, un hábito de consumo del mismo, ya que no es un alimento de consumo tradicional en nuestro país.

De acuerdo a lo planteado anteriormente es posible que en el futuro, cuando el hábito de consumo de este producto se incremente, se podría estimar una demanda de 75.0 ton de hongos, asumiendo que Tercer Frente tiene una población de 30 000 habitantes y que en 50 comidas al año consuman 0.05 kg (50g) de hongos, de donde se deduce que el mercado del mismo está seguro.

Además de las posibilidades existentes en esta zona, se puede decir que la demanda de este producto es aún mayor, si tenemos en cuenta, las necesidades existentes en el polo turístico de Santiago de Cuba y otras provincias de la región oriental, ya que es apreciado por los turistas y actualmente se importa en conservas, lo que limita su utilización o forma de preparación.

Como resultado del análisis de gastos obtenido de los experimentos, se tiene que el costo total por kg de hongos frescos es 3.92 \$ asumiendo una tasa de cambio paritaria entre el dólar y el peso cubano, pero si tenemos en cuenta el gasto en moneda libremente convertible (MLC), que es 0.37 \$/kg y asumiendo una tasa de cambio de 20:1 según CADECA, entre el dólar y el peso cubano, se tiene un costo de 10.94 \$/kg.

Suponiendo que se venda con un 10 % de ganancia tendríamos un precio de 12.03 \$/kg, si se trabajara con un 30 % de ganancia se tendría un precio de 14.22 \$/kg, si el porcentaje de

ganancia fuera del 50 % se obtendría un precio de 16.41 \$/kg, de la misma manera para un 80 % de ganancia tendríamos como precio 19.69 \$/kg.

Como se puede apreciar el precio variará en dependencia del porcentaje de ganancia con que se trabaje, así como al aumentar la capacidad de producción o los rendimientos por área, disminuirán los costos en ambas monedas, lo que permitirá variar los precios convirtiendo el producto en más atractivo al consumidor y a los sectores de comercialización, así como reportará importantes beneficios al productor si tenemos en cuenta que el precio de venta oscila entre 4.5 y 7.0 USD/kg y los costos por kg de hongos frescos en USD son bajos.

V.- CONCLUSIONES.

- En las condiciones rurales se logra cultivar el hongo *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de *Coffea arabica* y pulpa de *Coffea canephora*.
- La eficiencia biológica y el rendimiento son mayores en pulpa de *Coffea arabica*, que en pulpa de *Coffea canephora*, 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*, lográndose producciones más rápidas.
- Los hongos obtenidos en ambos sustratos presentan características similares entre ellos, así como a los obtenidos en otros sustratos; con excelentes niveles de proteínas, grasas y minerales.
- 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., 1998₁.
- La caracterización del sustrato remanente de *C. arabica* y *C. canephora* muestran buenos contenidos de proteína, bajo contenido de taninos, lo que brinda mejores posibilidades para ser empleados como alimento animal.

VI.- RECOMENDACIONES.

- Estudiar la pulpa de café mezclada con otros sustratos existentes en nuestro país en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.
- Utilizar según sus posibilidades, el sustrato remanente(pleurotina).

VII.- BIBLIOGRAFIA.

1. Acosta – Urdapilleta, L., G. Bustos – Sagal y D. Portugal, 1988. Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* y su cultivo en residuos agroindustriales en el Estado de Morelos. Rev. Mex. Mic. 4: 13 – 20.
2. Acosta – Urdapilleta, L., N. Bautista, V.M. Mora, D. Portugal y L. López, 1992. Cultivation in the laboratoru and fructification of the edible fungus *Volvariella bombycina* var. *Flaviceps*. Cryptogamic Botany (en prensa).
3. Aguilar, A. et al., 1993. Análisis económico y financiero de una plata rural de producción de hongos comestibles (*Pleurotus*) en Cuetzalan, Puebla, México. Micología Neotropical Aplicada 6: 81 – 94.
4. Andrade, R.L. Taller de producción de hongos comestibles, II Congreso Latinoamericano de Micología. La Habana: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 1996.
5. Antier, P. et al., 1993. Pectinase hyperproducing mutants of *Aspergillus niger* C28B25 for solid state fermentation of coffee pulp. Enzyme Microb. Technol. 15: 1 – 17.
6. Antier, P. et al., 1993a. Pectinase hyperproducing mutants of *Aspergillus niger* C28B25 for solid state fermentation of coffee pulp. Enzyme Microbiological Technology 15: 254 – 260.
7. Arias, A., H. Leal y R. Ramírez, 1997. Análisis genético de la resistencia a 2-desoxiglucosa en cepas seleccionadas de *Pleurotus*. Memorias, VII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y II Simposio Internacional Sobre Ingeniería de Bioprocesos. 438 p.
8. Bano, Z. And S. Rajarathnam, 1982. *Pleurotus* mushrooms as a nutritions food. Pages 363 – 380. In: S.T. Chang and T.H. Quimio (eds.) Tropical Mushrooms: Their Biological Nature and Cultivation Methods. The Chinese University Press. Hong Kong. 493 p.
9. Barba J.M., J.C. Peña Avila y F. López Huerta, 1992. Estudio químico de los hongos comestibles silvestres. Productos naturales, vol.1. Copyright UAM – IZTAPALAPA. Pág. 41- 49.

10. Bermúdez, R.C., 1995. Aprovechamiento biotecnológico de residuos industriales, Apuntes del curso. ESPOCH, Riobamba, Ecuador. 109 p.
11. Bermúdez, R.C., J.A. Traba, M.J. Verdecia y P. Gross, 1994. Producción de *Pleurotus sp.* cfr. Florida sobre residuales de agroindustria cafetalera en Cuba. *Micología Neotropical Aplicada* 7: 47 – 50.
12. Boccas, F. Et al., 1993. Fungal strain selection for pectinases production from coffee pulp in solid state fermentation system. *J. Fd. Sci. Technol.* 30: in press.
13. Bouche, M., 1991. La lombricultura en el tratamiento de residuos orgánicos. 2nd. Inter. Symp. on Biotechnology in Coffee Industry, Manizales, Colombia.
14. Braham, J.E. y R. Bressani, 1979. Pulpa de café. Composición, tecnología y utilización. C.I.I.D., Bogotá, Colombia.
15. Bressani, R. et al., 1972. Pulpa y pergamino de café, I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. *Turrialba* 22: 299 – 304.
16. Bressani, R. Pulpa de café: Composición , tecnología y utilización. Bogotá, Ed. Española, 1979.
17. Chang, S.T. and P.G. Miles, 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Boca Raton.
18. Chang, S.T. y T.H. Quimio (eds.), 1982. Tropical mushrooms. Biological nature y cultivation methods. The Chinese University Press, Hong Kong.
19. Chang, S.T. y W.A. Hayes (eds.), 1978. The biology and cultivation of edible mushrooms. Academic Press, Nueva York.
20. Chang, S.T., 1991. Mushroom biology and mushroom production. *Mush. Jour. Tropics* 11: 45 – 52.
21. Chang, S.T., 1993. 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.
22. Crisan, E.V. y A. Sands, 1978. Nutritional value. In: Chang, S.T. y W.A. Hayes (eds.), *The biology and cultivation of edible mushroom*. Academic Press, Nueva York.
23. De León – Chocooj, R., 1990. Cultivo de los hongos comestibles sobre lirio acuático y determinación de metales pesados en las muestras obtenidas. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. (tesis de maestría).

24. De León – Chocooj, R., G. Guzmán y D. Martínez – Carrera, 1988. Planta productora de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Guatemala. Rev. Mex. Mic. 4: 297 – 301.
25. De Tarso Hennies, P.. Produção de pectinase de *Penicillium italicum* através de fermentação em meio semi – sólido. Tesis de Maestría. Universidade Estadual de Campinas, Campinas / SP., Brasil, 1996. 68 p.
26. Eger, G. 1978. Biology and Breeding of *Pleurotus*. Pages 497 – 519. In: S.T. Chang and W. A. Hayes (eds.). The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. Acad. Press. New York. 819 p.
27. Farr, D.F., 1983. Mushroom industry: diversification with additional species in the United States. Mycologia 75: 351 – 360.
28. Gaime – Perraud, I. et al., 1993. Natural microorganisms of the fresh coffee pulp. Micología Neotropical Aplicada 6: 95 – 103.
29. García – Rollan, M., 1985. Nuevas técnicas de cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Divulgadoras 8: 3 – 20.
30. González, Z.C., 1994. Estudio técnico – económico de la producción de hongos comestibles a partir de la pulpa de café. Trabajo de diploma. U.O. Facultad de Economía. Pág. 11 – 15.
31. Gray, W.D., 1970 – 1973. The use of fungi as food and in food processing. Chemical Rubber Co. Press, Cleveland (2 vols.).
32. Guinterova, A., H. Hrabarcova, M. Mansur, I. Gutiérrez y J. Lois, 1992. Cultivation of fungi on sugar cane biomass. Folia Microbiol. 37(1): 60 – 65.
33. Gutiérrez, I., L. González, M. Klibansky, A.L. González y D. González, 1995. Cultivo de hongos comestibles en diferentes sustratos de desechos. Mem. Conferencia Mundial Sobre Biomasa para la Energía, el Desarrollo y el Medio Ambiente, La Habana.
34. Gutiérrez, I., Y. Pérez, M. Klibansky, B. Altuna y L. González, 1996. Aplicación de fitohormonas al cultivo de *Pleurotus*. Micología Neotropical Aplicada 9: 107 – 115.
35. Guzmán – Dávalos, L., C. Soto y D. Martínez – Carrera, 1987 A. El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Pleurotus* en Jalisco. Rev. Mex. Mic. 3: 79 – 82.

36. Guzmán – Dávalos, L., D. Martínez – Carrera, P. Morales y C. Soto, 1987 B. El cultivo de los hongos comestibles (*Pleurotus*) sobre el bagazo de maguey de la industria tequilera. Rev. Mex. Mic. 3: 47 – 49.
37. Guzmán, G. y D. Martínez – Carrera, 1985. Planta productora de hongos comestibles sobre pulpa de café. Ciencia y Desarrollo 65: 41 – 48.
38. Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto – Velasco 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. 1993. 245 p.
39. Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto y L. Guzmán – Dávalos, 1993a. Cultivo de los hongos comestibles. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
40. Herrera, T. y M. Ulloa, 1990. El reino de los hongos. Micología básica y aplicada. UNAM y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
41. ICIDCA – GEPLACEA – PNUD, 1990. Manual de los derivados de la caña de azúcar. México.
42. ICIDCA. Producción de setas comestibles del género *Pleurotus sp.*. La Habana, 1998. 42 p.
43. Kaul, T.N. y B.M. Kapur (eds.), 1987. Indian Mushroom Science, II. Proceeding Intern. Conference on Science and Cultivation Technol. Edible Fungi. Regional Research Laboratory, Jammu.
44. Klibansky, M., M. Mansur, I. Gutiérrez y J. Lois, 1993. Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agro – wastes. Acta Biotechnol. 13(1): 67 – 76.
45. Klibansky, M., M. Mansur, I. Gutiérrez y L. González, 1993a. Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowastes. Acta Biotechnol. 13(1): 71 – 78.
46. Kurtzman, R.H., 1997. Production and cultivation of mushroom in the west particularly Europe and North America. Food Reviews International 13: 497- 516.
47. López – Nolasco, J.E., L. Fucikovsky Zack, S. Osada Kawasoe y L.I. de Bauer, 1995. Microorganismos causantes de problemas de producción durante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Micología Neotropical Aplicada 8: 39 – 46.

48. Martínez – Carrera, D., G. Guzmán y C. Soto, 1985 A. The effect of fermentation of coffee pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in Mexico. Mush. Newsletter Tropics 6 (1): 21 – 28.
49. Martínez – Carrera, D., G. Guzmán y C. Soto, 1985 B. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café con paja como sustrato. Rev. Mex. Mic. 1: 101 – 108.
50. Martínez – Carrera, D., 1987. Design of a mushroom farm for growing *Pleurotus* on coffee pulp. Mushroom Journal for the Tropics 7: 13 – 23.
51. Martínez – Carrera, D., 1989. Simple technology to cultivate *Pleurotus* on coffee pulp in the tropics. Mushroom Science 12 (II): 169 – 178.
52. Martínez – Carrera, D., P. Morales y M. Sobal, 1989 a. Producción de hongos comestibles sobre pulpa de café. 1er. Seminario Internacional Sobre Biotecnología en la agroindustria cafetalera (INMECAFE - ORSTOM), Xalapa, México.
53. Martínez – Carrera, D. Et al., 1989 b. Producción de hongos comestibles sobre pulpa de café nivel comercial. In: Seminario Internacional Sobre la Agroindustria Cafetalera. Puebla, Mexico. 4-7 de Noviembre. Memorias. PP 177 –184.
54. Martínez – Carrera, D. Y A. Larqué – Saavedra, 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. Ciencia y Desarrollo 95: 53 – 64.
55. Martínez – Carrera, D., P. Morales y M. Sobal, 1990 A. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña de azúcar enriquecido con pulpa de café o paja de cebada. Micol. Neotrop. Apl. 3: 49 – 52.
56. Martínez – Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, S.T. Chang y A. Larqué – Saavedra, 1991. Edible mushroom cultivation for rural development in tropical America. Mushroom Science 13: 805 – 811.
57. Martínez – Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal, y A. Larqué – Saavedra, 1991a. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México. Ciencia y Desarrollo 96: 33 – 43.
58. Martínez – Carrera, D. et al., 1992. Reconversión en la industria de los hongos ¿. TecnoIndustria 7: 52 – 59.
59. Martínez – Carrera, D., M. Sobal, P. Morales y A. Larqué – Saavedra, 1992a. Prospects of edible mushroom cultivation in developing countries. Food Laboratory News 8(3): 21 – 33.

60. Martínez – Carrera, D. et al., 1993. Los hongos comestibles en México: biotecnología de su reproducción. *Ciencia y Desarrollo* 108: 41 – 49.
61. Martínez – Carrera, D., M. Sobal, P. Morales, W. Martínez – Sánchez, A. Aguilar, y A. Larqué – Saavedra, 1995. Edible mushroom cultivation and sustainable agriculture in Mexico. *The African Journal of Mycology and Biotechnology* 3: 13 – 18.
62. Martínez – Carrera, D., F. Vergara, S. Juárez, A. Aguilar, M. Sobal, W. Martínez y A. Larqué – Saavedra, 1996a. Simple technology for canning cultivated edible mushrooms in rural conditions in Mexico. *Micología Neotropical Aplicada* 9: 15 – 27.
63. Martínez – Carrera, D., , P. Morales, W. Martínez, M. Sobal y A. Aguilar, 1996 b. Large – Scale drying of coffee pulp and its potential for mushroom cultivation in Mexico. *Micología Neotropical Aplicada* 9: 43 – 52.
64. Martínez – Carrera, D., 1998 . Mushroom. McGraw – Hill Encyclopedia of Science and Technology, 9th Edition. McGraw – Hill, Inc., New York (in press).
65. Martínez – Carrera, D., 1998 a. Oyster mushroom. McGraw – Hill Yearbook of Science and Technology. McGraw – Hill, Inc., New York. Pp. 649 – 652.
66. Martínez – Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla and A. Larqué – Saavedra, 1998₁. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Micología Neotropical Aplicada* 11: 77 – 96.
67. Martínez – Carrera, D., M. Sobal, A. Aguilar, M. Navarro, M. Bonilla and A. Larqué – Saavedra, 1998₂. Canning technology as an alternative for management and conservation of wild edible mushrooms in Mexico. *Micología Neotropical Aplicada* 11: 35 – 51.
68. Martínez – Carrera, D., 1999 . Mushroom biotechnology in tropical America. *International Journal of Mushroom Sciences* 3: (in press).
69. Martínez – Soto et al., 1998. Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) quality as affected by modified atmosphere packing. *Micología Neotropical Aplicada* 11: 53 – 67.
70. Mata, G. y D. Martínez – Carrera, 1988. Estimación de la producción de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. *Rev. Mex. Mic.* 4: 287 – 296.
71. Mata, G y R. Gaitán – Hernández, 1995. Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar. *Rev. Mex. Mic.* 11: 17 – 22.

72. Morales, P., M. Sobal, W. Martínez, A. Larqué – Saavedra y D. Martínez – Carrera, 1995a. La cepa CP – 50 de *Pleurotus ostreatus*, híbrido comercial seleccionado por mejoramiento genético en México. *Micología Neotropical Aplicada* 8: 77 – 81.
73. Morales, P., W. Martínez, M. Sobal, A. Aguilar, A. Larqué – Saavedra y D. Martínez – Carrera, 1995. Evaluación socioeconómica (1992 – 1995) de una planta rural productora de hongos comestibles (*Pleurotus*) en la Sierra Norte de Puebla, México. *Micología Neotropical Aplicada* 8: 53 – 63.
74. Quimio, T.H., S.T. Chang y D.J. Royse. Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. Rome: FAO, Plant production and protection, paper 106, 1990. 147 p.
75. Quintero, R. Prospectiva de la biotecnología en México. México, D.F.: Editorial Fundación Javier Barros Sierra, A.C., 1985. 499 p.
76. Rinker, D.L. et al., 1993. Effect of virus disease on oyster mushroom production. *Micología Neotropical Aplicada* 6: 73 – 79.
77. Rolz, C., R. De León y M.C. de Arriola, 1988. Solid substrate growth of white rot fungi on coffee pulp. *Acta Biotechnol.* 8(3): 211 – 223.
78. Roussos, S. et al., 1989. Detoxificación de la pulpa de café por fermentación sólida. 1st. Inter. Symp. on Biotechnology in Coffee Industry, Xalapa, México.
79. Serrat, M.J., 1998. Potencialidades de las levaduras en el aprovechamiento de los residuales del café. Tesis presentada en opción al título de máster en biotecnología, Mención Biotecnología Industrial.
80. Sobal M., P. Morales y D. Martínez – Carrera, 1993. Utilización de los rastrojos de haba y frijol como sustrato para el cultivo de *Pleurotus*. *Micología Neotropical Aplicada* 6: 137 – 141.
81. Soto, C., D. Martínez – Carrera, P. Morales y M. Sobal, 1987. La pulpa de café secada al sol como una alternativa de almacenamiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Rev. Mex. Mic.* 3: 133 – 136.
82. Tauk, S.M., 1986. Estudo decomposicao da polpa de café a 45 ° C através do uso de microorganismos isolados da polpa. *Turrialba* 136: 271 – 280.
83. Traba, J.A., A. Marañón, R.C. Bermúdez, M. de J. Verdecia, M. de los A. Santana, M. Fernández, 1994. Caracterización de residuales sólidos del café, especie *Coffea arabica* L.. *Ciencia* 45: 375 – 380.

84. Trigos, A., L. Ortuño, P. Morales y M. Sobal, 1994. Influencia de la luz natural en el contenido de ergosterol de *Pleurotus ostreatus*. *Micología Neotropical Aplicada* 7: 51 – 53.
85. Trigos, A., T. Zayas, L. Ortuño, M. Sobal y P. Morales, 1994a. Contenido de ergosterol en algunas especies cultivadas de *Pleurotus*. *Micología Neotropical Aplicada* 7: 43 – 46.
86. Tschierpe, H.J. y K. Hartmann, 1977. A comparison of different growing methods. *Mushroom Journal* 60: 404 – 416.
87. Verdecia, M.J.. Caracterización química de residuales del café. Trabajo de Diploma. Santiago de Cuba, 1992. 43 p.
88. Viniegra, G. et al.. Enrichment of sugar cane by – products using solid state culture of *Aspergillus terreus*. *Journal of Fermentation and Bioengineering* Vol. 70, No 5, pág. 351 – 354, 1990.
89. Ward, O.. *Biología de las fermentaciones*. Acribia, Zaragoza, España, 1990.
90. Whittaker, R.H., 1969. New concepts of kingdoms of organisms. *Science* 163: 150 – 160.
91. Zhanxi, L. and L. Zhanhua. *Jun – Cao technology*. Fujian: Second Edition, 1997. 129 p.

INDICE.

	Pág.
I. Introducción.	1
II. Revisión bibliográfica.	3
II.1. Antecedentes.	3
II.2. Generalidades de los hongos.	5
II.3. Sustratos utilizados en el cultivo de los hongos.	11
II.4. Aspectos ecológicos, económicos y sociales del cultivo de los hongos.	13
II.5. Generalidades de la pulpa de café.	14
III. Materiales y métodos.	17
III.1. Reactivos, equipos y técnicas analíticas.	17
III.2. Cepa seleccionada.	19
III.3. Sustrato empleado para el cultivo.	19
III.4. Tecnología empleada para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	20
III.5. Parámetros determinados a la pulpa de café, los hongos y el sustrato remanente (pleurotina).	23
III.6. Procesamiento estadístico de los resultados.	24
IV. Resultados y discusión.	25
V. Conclusiones.	40
VI. Recomendaciones.	41
VII. Bibliografía.	42
VIII. Anexos.	

VIII.- ANEXOS.

Tabla 1. Características de los hongos *Pleurotus ostreatus* en % en base seca. (Geplacea, 1990)

Parámetros	Contenido
Humedad	88.51
Materia seca	11.49
Proteína bruta (N x 6.25)	28.80
Proteína real (N x 6.25)	18.80
Extracto etéreo	4.28
Fibra bruta	14.40
Cenizas	6.99

Tabla 2. Comparación del valor nutritivo de los hongos con varios alimentos, en función de varios índices nutricionales. (Quintero, 1985)

Índices de aminoácidos esenciales	Calificación de aminoácidos	Índices nutricionales
100 Puerco, Pollo, Res	100 Puerco	59 Pollo
99 Leche	98 Pollo, Res	43 Res
98 Hongos (máximo)	91 Leche	35 Puerco
91 Papa, Frijol	89 Hongos (máximo)	31 Soya
88 Maíz	63 Col	28 Hongos (máximo)
86 Pepino	59 Papa	26 Espinaca
79 Cacahuete	53 Cacahuete	25 Leche
76 Espinaca, Soya	50 Maíz	21 Frijol
72 Hongos (mínimo)	46 Frijol	20 Cacahuete
53 Zanahoria	42 Pepino	17 Col
44 Tomate	32 Hongos (mínimo)	14 Pepino
	31 Zanahoria	11 Maíz
	28 Espinaca	9 Papa
	23 Soya	8 Tomate
	10 Tomate	5 Hongos (mínimo)

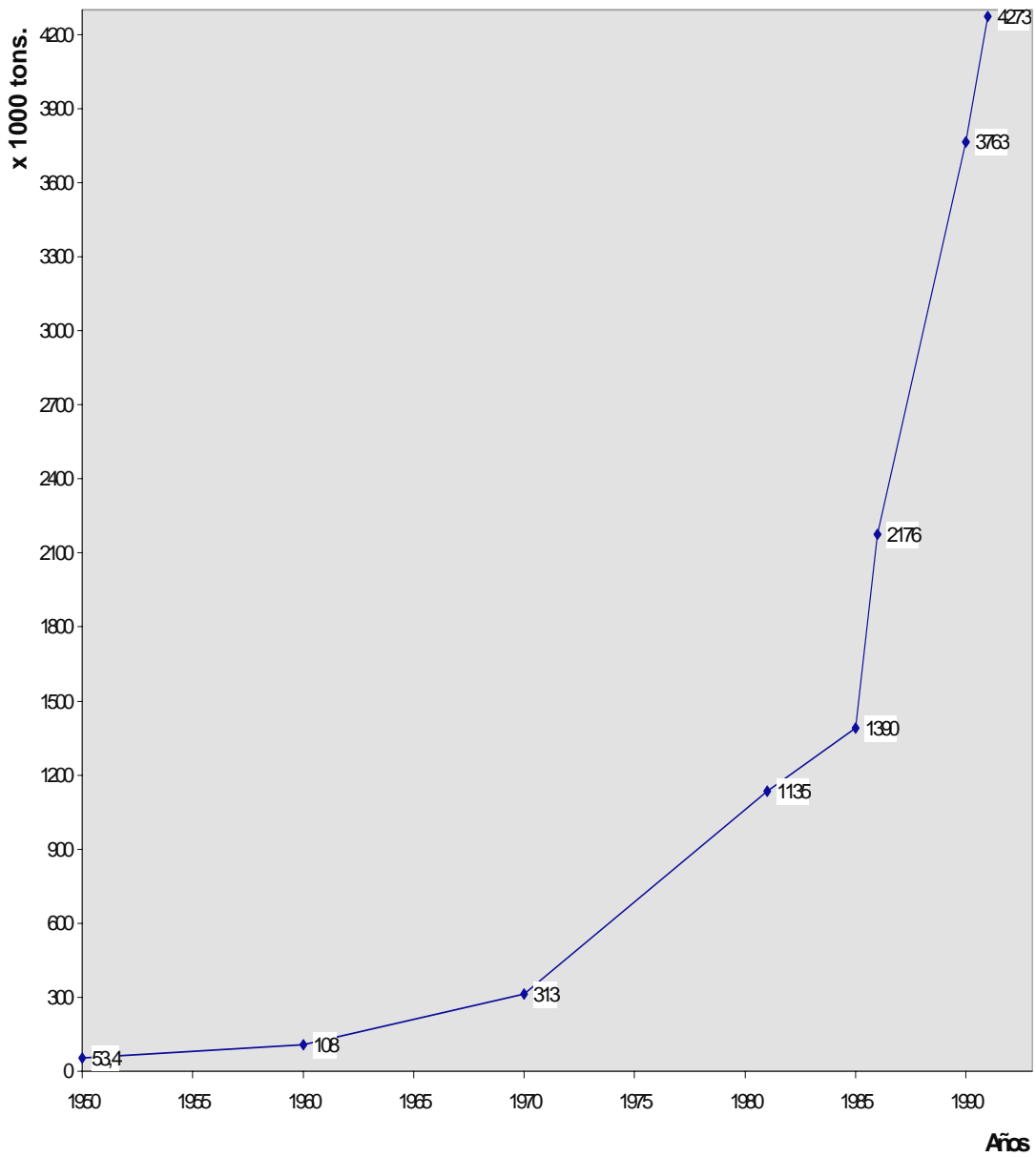


Gráfico 1. Producción mundial de hongos comestibles. (Chang, 1981, 1991, 1993; Kurtzman, 1997)

Tabla 3. Contenido de aminoácidos de varios hongos comestibles (g/100g de proteína). (Quintero, 1985)

Aminoácidos	<i>A. bisporus</i>	<i>L. edodes</i>	<i>V. volvacea</i>	<i>Pleurotus sp.</i>
Esenciales				
Isoleucina	4.3	4.4	4.2	4.9
Leucina	7.2	7.0	5.5	7.6
Lisina	10.0	3.5	9.8	5.0
Metionina	Trazas	1.8	1.6	1.7
Fenilalanina	4.4	5.3	4.1	4.2
Treonina	4.9	5.2	4.7	5.1
Valina	5.3	5.2	6.5	5.9
Tirosina	2.2	3.5	5.7	3.5
Triptófano	n.d.	n.d.	1.8	1.4
Total	38.3	35.9	43.9	39.3
No Esenciales				
Alanina	9.6	6.1	6.3	8.0
Arginina	5.5	7.0	5.3	6.0
Acido aspártico	10.7	7.9	8.5	10.5
Cistina	Trazas	n.d.	n.d.	0.6
Acido glutámico	17.2	27.2	17.6	18.0
Glicina	5.1	4.4	4.5	5.2
Histidina	2.2	1.8	4.1	1.8
Prolina	6.1	4.4	5.5	5.2
Serina	5.2	5.2	4.3	5.4
Total	61.6	64.0	56.1	60.7

n.d.: No determinado

Tabla 4. Clasificación de los sustratos para el cultivo de hongos.

Categoría	Sustratos
1	Pajas de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, trigo, sorgo, avena, zacates en general.
2	Rastrojos de maíz, mijo, garbanzo, frijol, etc.
3	Pulpas de café, cardamomo.
4	Bagazos de caña de azúcar, de citronela, maguey tequilero, henequén, uva, etc.
5	Forestales, tales como aserrín, viruta, troncos y ramas.
6	Otros; papel, olote y tamo de maíz, hojas (brácteas) de piña, fibra de coco, lirio acuático, hojas y tallos (cañones) de plátano, de caña azúcar, desechos de la industria textil (como algodón, etc.).

Tabla 5. Diferentes sustratos abundantes en América tropical usados para el cultivo de *Pleurotus* .

Material	Eficiencia biológica (%)	Autor
Pulpa de café	195.95	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Pulpa de café + Paja de cebada (2:1)**	120.68	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Pulpa de cardamomo	113.64	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Hojas de limón	113.01	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Bagazo de caña de azúcar + Pulpa de café (1:1)**	99.96	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Paja de cebada	96.04	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Hojas de canela	81.85	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Bagazo de caña de azúcar + Paja de cebada (1:1)**	65.05	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Bagazo de tequila	60.02	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Hojas de pimienta	56.79	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Desechos de algodón	56.41	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Bagazo de caña de azúcar	14.15	Martínez-Carrera, 1989 _b ; Andrade, 1996
Tamo de maíz	186	Acosta-Urdapilleta, et al., (1989,1992)
Olote de maíz	50	Acosta-Urdapilleta, et al., (1989,1992)
Paja de arroz	46.9 – 83.2	Gutiérrez et al., 1995 y 1996
Paja de trigo	67.2 – 132.3	Arias et al., 1997
Pulpa de café	170	Bermúdez et al., 1994
	142.45 – 159.58	Soto et al., 1987
	50.05 – 175.82	Martínez – Carrera, 1989
	41.30	De León et al., 1988
	111.21 – 175.8	Martínez – Carrera, 1987
Bagazo de citronela	13.3	De León et al., 1988
Rastrojos de haba	113.5 – 118	Sobal et al., 1993; Martínez – Carrera et al., 1991
Rastrojos de frijol	99.8 – 137.6	Sobal et al., 1993; Martínez – Carrera et al., 1991
Paja de cebada	62.9 – 78.1	Sobal et al., 1993; Martínez – Carrera et al., 1991
	93.67	Morales et al., 1995 ^a
Paja de cebada + Pulpa de café (1:1)	97.3	Morales et al., 1995
Paja	74.6 – 149.2	García – Rollan, 1985
Paja de caña de azúcar	21.6 – 97.8	Klibansky et al., 1993
	30 - 50	Guintero et al., 1992
Paja de cebada y pulpa de café	44.0	Morales et al., 1995
Paja de caña de azúcar	40.9 – 89.4	Mata y Gaitán, 1995

Nota: ** Proporciones en base a peso seco.

Tabla 6. Producción mundial de hongos comestibles por especies y su aumento significativo. (Chang, 1991)

Especies	Nombre común	Volúmenes (Ton x 1000)		
		1981	1985	1990
<i>A. bisporus</i>	Champiñón	750	1000	1422.4
<i>L. edodes</i>	Shiitake	180	270	402.6
<i>V. volvacea</i>	Hongo chino	65	65	206.9
<i>F. velutipes</i>	Hongo invierno	65	65	142.9
<i>P. ostreatus</i>	Hongo ostra	40	60	906.8
Otros	-	35	-	124.0
Total	-	1135	1390	3763.0

Tabla 7. Composición química de la pulpa de café arábica en % en base seca. (Bressani, 1979)

Parámetros	Pulpa deshidratada
Humedad	12.6
Materia seca	87.4
Extracto etéreo	2.5
Fibra bruta	21.0
Proteína bruta (N x 6.25)	11.2
Cenizas	8.3
Extracto libre de nitrógeno	44.4
Taninos	1.44 – 4.5
Carbohidratos	20.94
Aminoácidos	0.31
PH	5.6

Tabla 8. Contenido de cenizas y minerales de la pulpa de café arábica. (Bressani, 1979)

Compuesto	Contenido
Cenizas, g %	8.3
Ca, g %	0.116
P, g %	0.116
Fe, g %	0.015
Na, g %	0.1
K, g %	1.765
Mg	Trazas
Zn, ppm	4
Cu, ppm	5
Mn, ppm	6.25
B, ppm	26

Tabla 9. Características de la pulpa de café arábica remanente de cultivo de *Pleurotus ostreatus* en % base seca. (Martínez – Carrera, 1989)

Parámetros	Contenido
Humedad	81.8
Materia seca	18.2
Cenizas	15.2
Grasa cruda	1.8
Carbohidratos	29.9
Proteína cruda	21.5
Fibra cruda	31.4
Taninos (análisis cualitativo)	Negativo

Figura 1. Producción mundial de hongos comestibles cultivados en 1989-1990. (Cang, 1991)

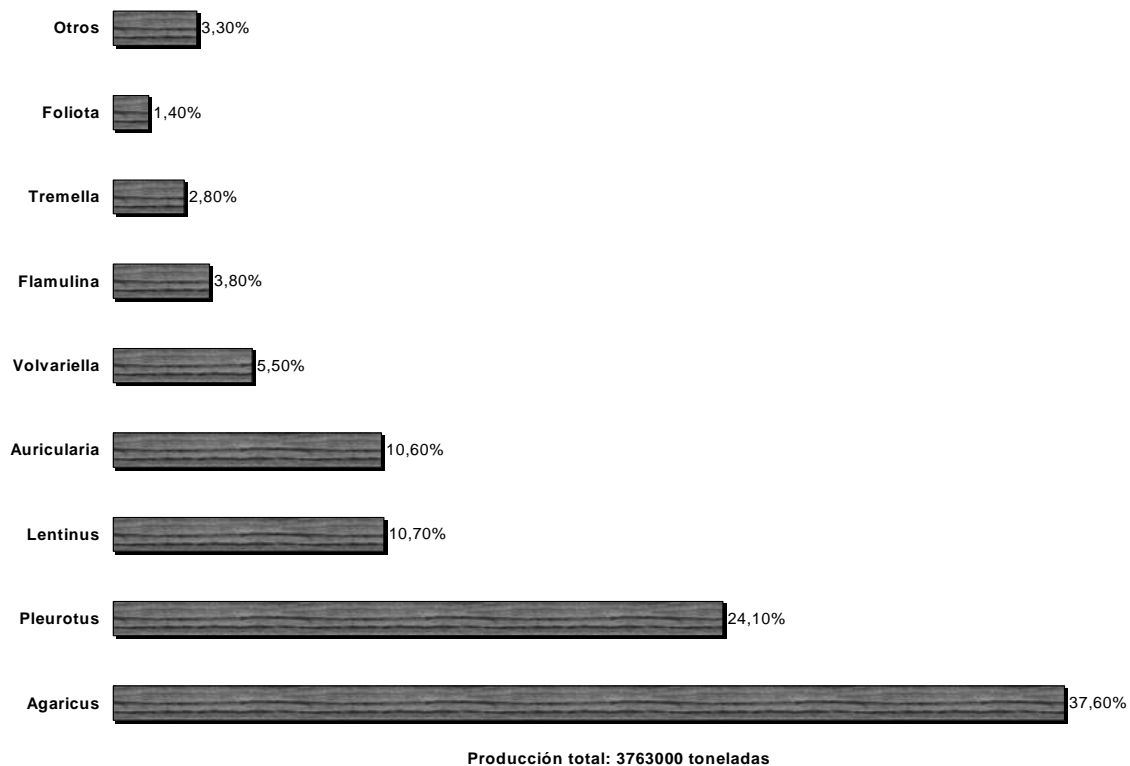


Tabla 10. Descomposición aproximada de la pulpa de café por el cultivo de *Pleurotus* (Martínez – Carrera, 1989).

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

Tabla 11. Características de los substratos utilizados en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en % en base seca.

Parámetros	Substratos	
	Pulpa de café Arábica**	Pulpa de café Canephora*
Humedad	12.0	9.7
Materia seca	88.0	90.3
PH	7.1	4.8
Cenizas	7.6	9.3
Extracto etéreo	2.5	n.d.
Fibra bruta	20.3	n.d.
Proteína bruta (N x 6.25)	12.2	9.37
Calcio	0.61	0.158
Sodio	0.08	0.019
Potasio	2.40	1.650
Fósforo	0.14	0.797
Hierro	0.04	n.d.
Taninos	4.92	n.d.
Carbohidratos	21.8	9.65
Proteína soluble	12.7	n.d.
Aminoácidos	0.34	0.26
Lípidos	2.6	n.d.

Fuente: Serrat, 1998 *.

Fuente: Traba *et al.*, 1994 **.

n.d.: no determinado.

Tabla 12. Temperatura y humedad relativa media y su coeficiente de variación, durante el día en el periodo de cultivo.

Parámetro	Hora		
	7.00 am	12.00 m	5.00 pm
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

Tabla 13. Producción promedio de cuerpos fructíferos frescos de *Pleurotus ostreatus* cultivados sobre pulpa de café.

Substrato	Substrato seco por bolsa	Promedio por cosecha de 70 réplicas					Producción total (g)	Eficiencia biológica (%)	Rendimiento (%)	Precocidad (días)
		1ra	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 café canephora	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 $\alpha = 0.05$.

Tabla 14. Características de los hongos *Pleurotus ostreatus* cultivados en pulpa de café en % en base seca.

Parámetros	Pulpa de café Arábica	Pulpa de café Canephora
Humedad	93.17	92.63
Materia seca	6.74	7.37
Proteína bruta (N x 6.25)	28.90	23.44
Proteína real (N x 6.25)	19.94	14.48
Extracto etéreo	7.72	7.68
Fibra bruta	7.20	2.56
Cenizas	8.25	8.46
Acidos nucleicos	5.17	n.d.

n.d.: No determinado.

Tabla 15. Características de los sustratos remanentes del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café en % en base seca.

Parámetros	Pulpa de café Arábica	Pulpa de café Canephora
Humedad	77.03	59.61
Materia seca	22.97	40.39
Cenizas	7.4	13.82
Grasa bruta	2.10	3.8
Carbohidratos	0.35	10.93

Proteína bruta (Nx6.25)	21.5	18.87
Fibra bruta	14.04	n.d.
Taninos	0.026	Trazas
PH	7.88	5.4

n.d.: No determinado.

Tabla 16. Bioconversión del sustrato utilizado en %.

Parámetros	Pulpa de café arábica	Pulpa de café canephora
Agua y dióxido de carbono	2.46	17.66
Cuerpos fructíferos	33.08	19.19
Sustrato remanente	64.46	63.15

Tabla 17. Gastos de la planta rural de cultivo de hongos comestibles *Pleurotus*.

Partidas	Tipo de moneda		Total
	MLC	MN	
Materias primas	9.71	38.53	48.24
Materiales	9.24	-	9.24
Combustible	0.18	24.00	24.18
Servicios	37.44	0.06	37.50
Salarios	-	471.13	471.13
Total	56.57	533.72	590.29

Gráfico 2. Variación de la temperatura durante el día y su valor medio, en el período productivo.

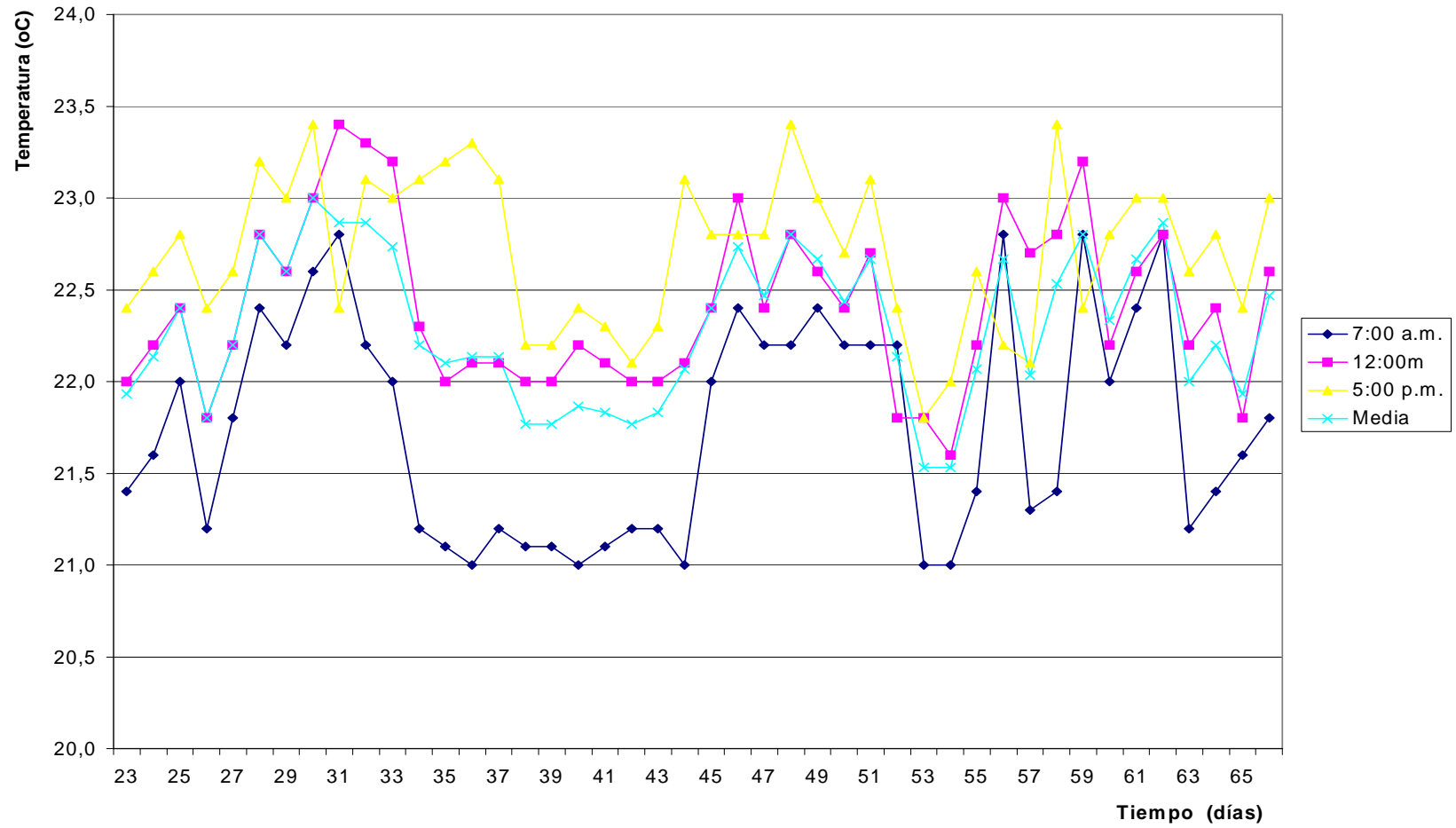


Gráfico 3. Variación de la humedad relativa durante el día y su valor medio, en el período productivo.

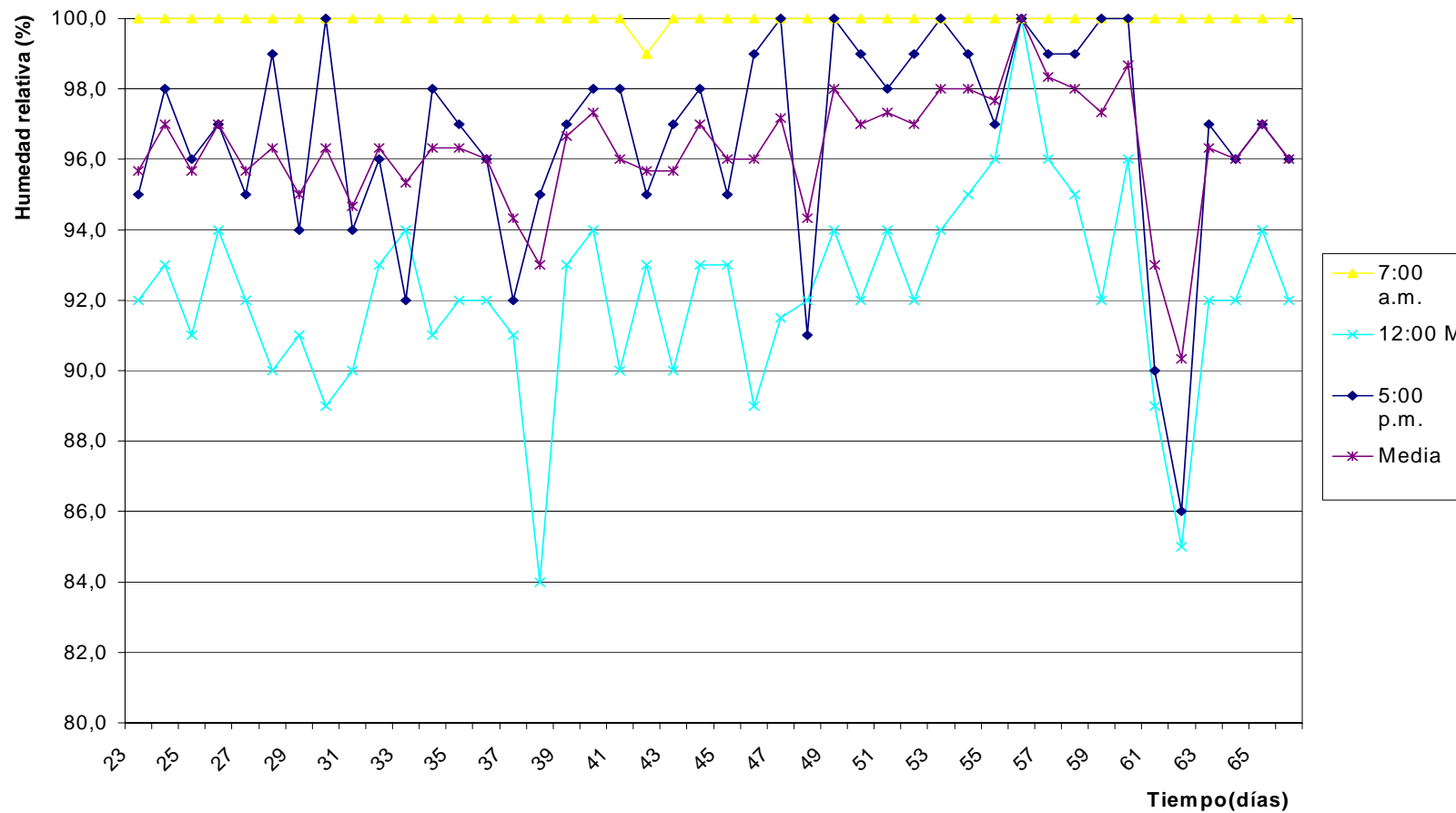


Gráfico 5. Humedad relativa media por hora del día y su desviación

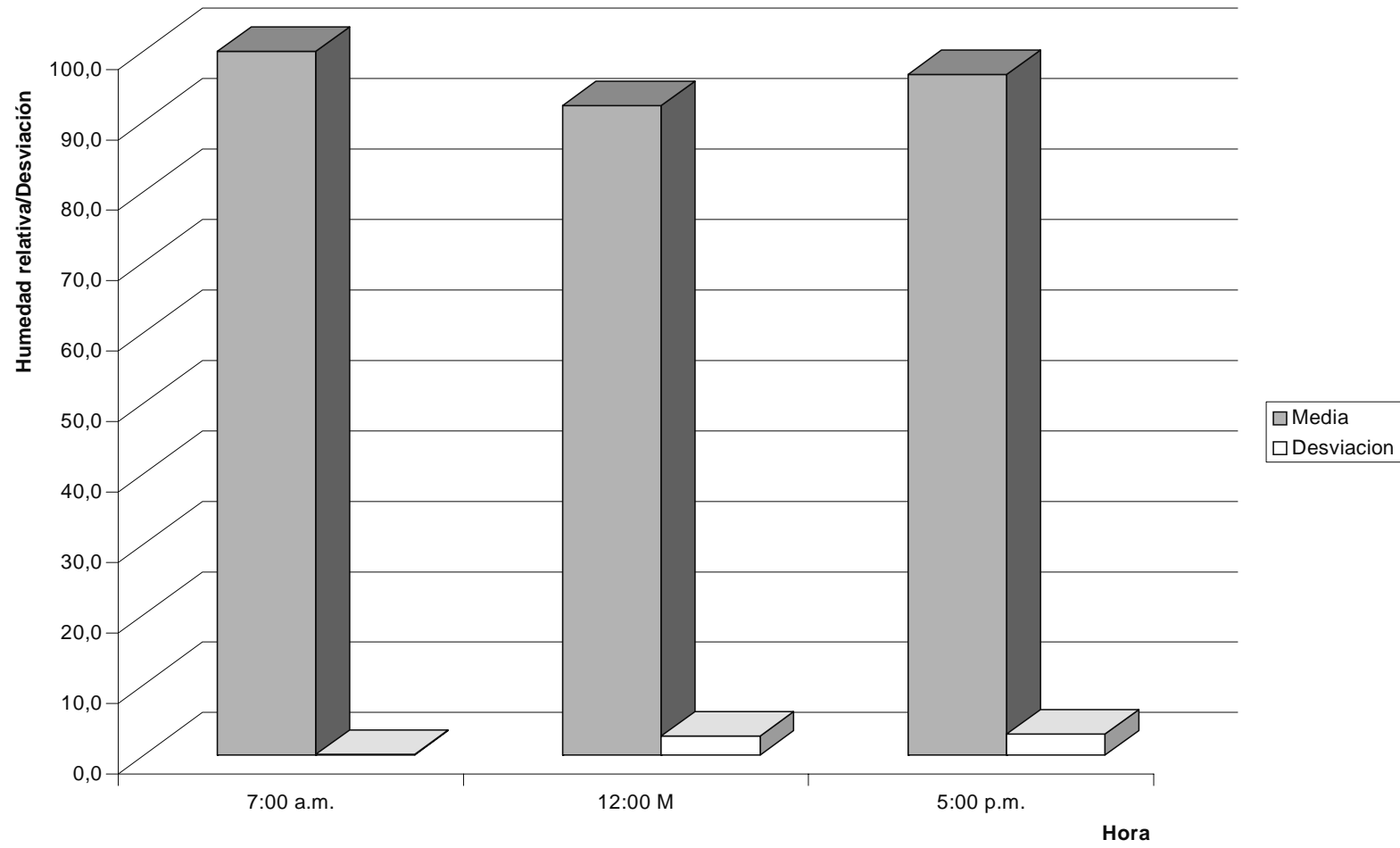


Gráfico 4. Temperatura media por hora del día y su desviación

