



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CENTRO DE ESTUDIOS DE BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL**

**Título: Estudio de sustratos y sus mezclas en la
fructificación de *Pleurotus sp***

**Tesis presentada en Opción al Título Académico de *Master* en Biotecnología.
Mención Ambiental**

Autor: Lic. Margarita Hechavarría Hernández.

**Tutor: Dra. Rosa Catalina Bermúdez Savón
MSc. Nora García Oduardo**

Consultante: MSc. Pedro Gross Cobas

Año 2005.

“Año de la Alternativa Bolivariana para las Américas”

Índice.

	Página.
1. Introducción. -----	1
2. Revisión Bibliográfica. -----	3
2.1. Subproductos -----	3
2.2. Fermentación en estado sólido.-----	5
2.3. Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> -----	6
2.3.1 Características morfológicas -----	6
2.3.2. Estructura del pleuroma de <i>Pleurotus</i> -----	6
2.3.3 Nutrientes-----	7
2.4. Propiedades medicinales y nutricionales de las setas-----	9
3. Materiales y métodos -----	11
--	
3.1. Reactivos -----	11
3.2 Equipos-----	11
3.3 Métodos analíticos empleados-----	11
3.4 Metodología del cultivo-----	12
3.4. Diseño experimental para la selección de cepas -----	13
3.4. Parámetros determinados-----	16
3.5 Sustratos empleados-----	16
4 Resultados y discusión. -----	18
5 Conclusiones-----	22
6 Recomendaciones.-----	23
7 Bibliografía.-----	24
8 Anexos. -----	29

Resumen

Por las ventajas que posee, el cultivo de setas comestibles, desde el punto de vista económico y ambiental; en este trabajo se realizó el estudio de la influencia de las mezclas de sustratos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, valorándose siete cepas diferentes de este género, las cuales se cultivaron sobre pulpa de café, seleccionándose tres de ellas por los altos valores de Eficiencia Biológica y de Rendimiento.

Se realizó la caracterización química de la pulpa de café, cáscara de coco y viruta de cedro; cepa CCEBI 3024 fue seleccionada para cultivarla en estos sustratos y sus mezclas, arrojando resultados similares a los reportados por otros especialistas en la temática, lo cual nos permite concluir que la mezcla de sustrato puede ser utilizada exitosamente en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Summary

For the advantages that have edible mushrooms cultivation's, from the economic and environmental point of view; in this work was carried out the study of the influence of mixtures of substrates in the cultivation of *Pleurotus ostreatus*, were evaluated seven strain of *Pleurotus ostreatus* on coffee pulp, selected three of them by the high values of biological efficiency and yield.

The chemical characterization was carried out of coffee pulp, coconut shell and cedar chip; strain CCEBI 3024 were selected to cultivate on these substrates and their mixtures, obtained similar results to those reported by other thematic's specialists, that which allows us to conclude that the substrates mixture can be used successfully in the cultivation of *Pleurotus ostreatus*.

Introducción

En las últimas décadas se ha venido prestando gran interés en dar solución a los problemas de contaminación ambiental provocados por los desechos de las industrias. Las agroindustrias cafetaleras ocupan un importante lugar en más de 50 países de América, Asia y África, a través de la cual son arrojadas al medio millones de toneladas de materiales orgánicos, residuales que son poco o nada utilizados (Bermúdez y col., 1999a). Valoraciones semejantes se realizan de la industria cacaotera y cocotera..

Anualmente se producen aproximadamente 3.644 millones de toneladas de paja provenientes de cereales en todo el mundo, y la mayoría es quemada. El 60% de del peso de las naranjas tratadas para la extracción del jugo tiene una considerable cantidad de azúcares, pero bajas proporciones de proteínas, limitando su uso como alimento para animales. Millones de toneladas de pulpa de café se producen en el mundo cada año (representando aproximadamente el 29% del peso seco del grano); un mal manejo de estos desechos puede significar contaminación en ríos e insalubridad en las áreas donde se cultiva.

Numerosos proyectos biotecnológicos tienen el aprovechamiento de estos remanentes, conservando la energía, que de otra manera se perdería. (Ríos y col. 2001). Los hongos tienen la capacidad de secretar enzimas que degradan los desechos de las plantas y utilizan algunos de sus productos para su desarrollo. Podemos afirmar, entonces, que los hongos son agentes biológicos capaces de convertir materia orgánica no comestible y de bajo valor económico de alimento , con un importante valor agregado. Por eso, son una alternativa de producción con grandes ventajas que podemos enumerar: es un alimento directamente comestible y preciado por su sabor, textura y olor, la cosecha de basidiocarpos es de sencilla realización y se convierte en la forma más fácil de de separación de biomasa comestible a partir de un sustrato sólido fermentado, la eficiencia de conversión en proteínas por unidad de superficie y de tiempo es superior, comparada con la producción animal; el sustrato por ellos degradado puede, a su vez, ser utilizado luego como compost en diferentes cultivos , lo que significa un mejor aprovechamiento integral de la materia prima regional, juega un rol económico importante, debido al papel preponderante en el ciclo del carbono, reduciendo la cantidad de materia orgánica muerta que se acumula cada año en la tierra, logrando así la conversión de desechos vegetales en alimento humano (Cardona, 2001), y por tanto aporta a la sostenibilidad de la agroindustria.

El cultivo de hongos comestibles es una actividad desde hace más de 200 años. Inició en Asia con el *Lentinus edodes* (shiitake) y el oreja de ratón u hongo chino *Auricularia* spp y en Europa con el champiñón *Agaricus bisporus*. Esta tecnología llegó al nuevo mundo hacia finales del siglo XIX y de una manera muy discreta, no fue sino hacia la segunda mitad del siglo pasado, gracias al mejoramiento de las técnicas existentes, que esta industria se hizo presente de una manera importante en varios países de América.

Se estima, que existe más de un millón de especies de hongos en el planeta, pero tan sólo unas 70 000 de ellas han sido descritas; no así en los países de las regiones tropicales, de los cuales apenas se conocen el 5% a nivel mundial, porcentaje que disminuye cuando nos referimos a la diversidad micológica de los trópicos lo cual hace evidente la necesidad de contar con más científicos (micólogos o micetólogos) que estudien estos organismos. Mientras tanto, muchas especies de hongos se han extinguido y otras se encuentran amenazadas en todo el mundo. Esto es particularmente cierto en países tropicales ricos en diversidad biológica como Colombia (Guzmán, 1999).

Entre las alternativas que existen para la utilización eficiente de la pulpa de café está la de su uso como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Tiene alrededor del 39% de proteínas que contienen todos los aminoácidos esenciales, las proteínas son 100% digeribles; por otro lado, es una fuente de vitaminas B1, B12, vitamina C, vitamina D y de minerales tales como: calcio y fósforos; además los desechos de la pulpa de café que se obtienen en la producción de este basidiomiceto, pueden ser utilizados como alimento para el ganado o también como control biológico de nemátodos fitoparásitos porque *Pleurotus ostreatus* ejerce un efecto inhibitor sobre ellos, especialmente a los del género *Meloidogyne* muy comunes en las zonas cafetaleras y que causan serios problemas al café y a otros cultivos como el tomate, tomate de árbol, pimentón, etc. (Guzmán, 2000).

El hongo que más se cultiva en condiciones tropicales es la seta *Pleurotus sp.* Su cultivo comercial se inició en México hace 30 años, destacándose por una rápida aceptación en el mercado y en el crecimiento de su agroindustria.

De las aproximadamente 10 000 especies de cerca de 30 géneros de hongos comestibles en el mundo solamente 40 son cultivados económicamente y alrededor de 20 cultivados comercialmente y entre ellos el hongo *Pleurotus sp.* conocido popularmente como hongo ostra. La cultura acerca de esta tecnología es alta a escala mundial y la tendencia es cada vez más creciente a consumir hongos comestibles por sus valores nutricionales.

El cultivo de hongos comestible constituye no solo el único proceso económicamente viable y rentable para la conversión de residuos sino también el único sistema microbiológico de producción que puede degradar la lignina, celulosa y hemicelulosa de dichos residuos.

Por todo ello y conociendo los volúmenes de residuos que se generan en la agroindustria cubana nos planteamos solucionar el problema de la conversión de residuos y subproductos no solo de ellos puros sino también de la mezcla de los mismos y para ello nos propusimos la siguiente hipótesis.

Hipótesis

La producción de *Pleurotus sp.* puede obtenerse con el empleo de residuos y sus mezclas, logrando mejorar con ello las condiciones nutricionales y ambientales en su cultivo.

Objetivo General

Estudiar el aprovechamiento de diferentes tipos de residuos que se generan en grandes volúmenes para el cultivo de *Pleurotus sp.*

Objetivos Específicos

1. Caracterizar químicamente los sustratos a emplear en el cultivo de *Pleurotus* sp.
2. Profundizar en el estudio del cultivo de diferentes cepas de *Pleurotus* sp. sobre pulpa de café.
3. Estudiar la influencia de las mezcla de sustratos en el cultivo de *Pleurotus* sp.

2. Revisión Bibliográfica

El cultivo de los hongos en América, inició en México central en 1933, por medio de una tecnología simple, seguido por Argentina (1941), Colombia (1950), Brasil (1951), Chile (1959), Guatemala (1960), Perú (1960) Ecuador (1967), Venezuela (1968), Costa Rica (1969) y Bolivia (1989). En los Estados Unidos, los cultivos de hongos comestibles distan desde 1880 y en Canadá desde 1912. En Colombia, una región poseedora de una gran variedad de pisos altitudinales y por ende de climas que van desde el frío seco al cálido húmedo, falta mucho por hacer, sobre todo si se compara con Asia, en donde se cultiva *Auricularia* y *Lentinula* desde la última centuria, y Europa, en especial Francia, donde se desarrolló el género *Agaricus* en el siglo XVIII.

El cultivo de setas comestibles del género *Pleurotus sp* comenzó en nuestro país por el Instituto Cubano de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) en 1988, empleando subproductos de la agroindustria cañera (paja de caña) con resultados altamente positivos y con el consiguiente desarrollo de la tecnología, luego Bermúdez y col. en el 2001 demostraron que el empleo de los subproductos del café, el cacao y el coco como sustratos para el cultivo de estas setas son superiores a los rendimientos alcanzados con paja de de caña. Las setas poseen un alto valor nutritivo por la calidad de su proteína, presencia de vitaminas y otros macro y microelementos, las convierte en alimentos saludables, (Torres y col., 2002a y Cardona, 2001).

En la ciudad de Quibdó en Colombia se producen aproximadamente 547.5 toneladas anuales de aserrín de madera, 28 470 toneladas de residuos orgánicos; además de otros desechos producto de actividades agroindustriales como hoja de plátano y caperuza de maíz; un mal manejo de estos desechos puede significar contaminación en ríos e insalubridad en los sitios de producción, el cual puede ser remediado mediante el cultivo de hongos, (Torres y col., 2002 a y Guzmán, 2005). En la ciudad de Quibdó, en el año de 1999, se empezó un proceso de evaluación de sustratos orgánicos para la producción de *Pleurotus sajor caju* y *Ganoderma lucidum* con el objetivo de aprovechar estos residuos y a la vez producir una alternativa de proteína diferente a la tradicional, conservando la energía que de otra manera se perdería, (Ríos y col., 2001). Esto es posible, gracias a que los hongos secretan una gran cantidad y variedad de enzimas que tienen la capacidad de degradar estos compuestos, convirtiendo así una materia de insignificante valor económico en alimento y medicina para humanos.

No hay en el Chocó una marcada tradición etnomicológica, sin embargo, existe una micobiota poco explorada con un potencial comestible y medicinal, (Torres y col., 2002b) la cual es susceptible de ser cultivada y aprovechada como una estrategia para garantizar su conservación y materializar una alternativa de ingresos económicos que permita mejorar la calidad de vida de sus habitantes .

2.1. Subproductos

Los países tropicales han iniciado la valoración y cultivo en desechos agroindustriales de un sinnúmero de hongos de valor comestible y medicinal (Guzmán, 2000b, Pauly, 1999, Castillejos y col., 1996, Sánchez y col., 1993, Guzmán y col., 1993, Guzmán-Dávalos y col., 1987); pero aun el mercado potencial es grande pues la producción mundial no alcanza a abastecer la demanda (Chang, 1999, Martínez, 2000). En Colombia, no se han incursionado aun en cultivos industriales de hongos medicinales; tradicionalmente se han cultivado hongos comestibles como *Agaricus bisporus* (champiñón) el cual abastece el mercado interno y un excedente de exportación. En la década de los 90, el cultivo de *Pleurotus* pasó de investigación básica a ensayos de industrialización del cultivo en desechos agroindustriales como alternativa de uso de subproductos orgánicos, (Cardona, 2001 y Chang, 1998) sin embargo, la comercialización es un tema que a penas comienza, (France, 2002). Anualmente se acumulan en Colombia más de 600 000 toneladas de pulpa de café, las que generalmente se arrojan a basureros, quebradas, riachuelos y ríos causando severas contaminaciones, muy poco es lo que se usa para la producción de abono orgánico o cualquier otro producto de valor. Hoy, el cultivo de hongos tanto medicinales como comestibles, tiene amplias posibilidades; para lo cual, se deben implementar tecnologías sencillas de aislamiento y cultivo, y buscar cepas regionales de los géneros más codiciados por su aplicación y uso (Martínez-Carrera, 2000).

En la mayoría de los países cafetaleros predomina el beneficiado del café por el método húmedo, debido a la mejor calidad del grano. Con la aplicación de este proceso se generan grades volúmenes de subproductos como son: la pulpa, el mucílago y el pergamino, los cuales representan el 40, 20 y 34 % respectivamente del peso de la cereza, además de las aguas residuales; lo que ocasiona una contaminación ambiental elevada en los cuerpos receptores por el alto contenido de materia biodegradable y el pH de sus residuales líquidos (Zuluaga, 1989 y Martínez- Carrera, 1987)

El cultivo de café en nuestras zonas montañosas llega a ser el 80 % del total que se cultiva en Cuba. Tradición y costumbre de consumo se respira en toda la provincia de Santiago de Cuba. Desde su introducción en nuestro país, el café ha constituido uno de los tres cultivos tradicionales de nuestra estructura agraria, adquiriendo significativa importancia económica como rubro exportable, por su alta demanda en el consumo externo y como base fundamental de las zonas montañosas donde se desarrolla. (García, 1999 y Zuluaga, 1989).

Muchos son los lugares en la región oriental y otras de Cuba donde se cultiva el coco (*Cocos nucífera. Lin*), su producción se dedica a la industria de confitura y a la obtención de aceites, se reporta utilidad con la cáscara para la obtención de carbón activado. Actualmente no existe ningún tratamiento reportado con estos subproductos para producir alimento y su disposición final en el terreno de cultivo o formar vertederos en muchos lugares, trae aparejado una descomposición, hasta que se fermenta espontáneamente o por el ataque de microorganismos del medio ambiente, generando y proliferando plagas entre los cultivos y el suelo. También hay reportes del empleo de la cáscara de coco cultivada por *Pleurotus sp.* (Bermúdez, 2001 y González y col., 1994) como vía más atractiva y económicamente viable.

Al igual que otros subproductos agroindustriales los del café poseen componentes muy valiosos, así como otros productos cuya transformación puede resultar de interés económico,

constituyendo una fuente de recursos renovables y de materia prima para industrias de variada magnitud, especialmente asociada al área rural. (Bermúdez y col, 2001).

Entre las mejores alternativas para la explotación de este material se encuentra: utilizarlos como sustrato para el cultivo de setas comestibles, promover su descomposición natural para convertirlo compuestos orgánicos y devolverlo a los cafetales, como gas combustible, forraje, alcohol etílico y sus derivados (ácido acético polímeros y otros), melazas para la alimentación animal o humana, así como para la extracción de pectinas y otros compuestos químicos, de acuerdo a estudios realizados a nivel mundial. (Espinosa, 2000; Bressani, 1979).

La experiencia de cultivo de la seta *Pleurotus sajor caju* en la Universidad Tecnológica del Chocó en Colombia, con resultados de eficiencia entre 22,24 – 47,01% según el sustrato utilizado, (Torres y otros, 2002c), permitió caracterizar y evaluar sustratos como aserrín de maderas, cascarilla de arroz, caperuza de maíz y hojas de plátano, puros, en mezclas y enriquecidos para la producción de setas, resultando ser muy útiles e indicativo de su reutilización en cultivos de otras setas lignícolas nativas bajo las condiciones ambientales del medio, (Ríos y otros, 2001).

Martínez Carrera, 1989 reporta a *Pleurotus ostreatus* cultivado en este subproducto con 5 días fermentada esta pulpa con una Eficiencia Biológica (EB) de 175.8 %. Hay tendencias de utilizar este subproductos mezclados con fibra de coco, por ejemplo: González et al., 1993 logró obtener EB del 152.2% al preparar una mezcla de 33.3% de coco y 666.6% de pulpa de café, la cual se sometieron a fermentación por 3 días; una mezcla adicional 1:1 de fibra de coco y pulpa de café con una EB de 120.5% y Bermúdez et al, 2001 utilizó en pulpa de café sin fermentar con una EB de 170%. (ver Tabla 1 y 2)

2.2 Fermentación en estado sólido

La FES es un proceso en el cual se utilizan y crecen uno o más microorganismos. (Gutiérrez Rojas y Favela, 1993) , definen las fermentaciones en medio sólido como aquellas donde el sustrato mínimo es un material húmedo, no suspendido en agua y sin escurrimiento acuoso. El porcentaje de humedad del sustrato debe variar entre 12% y 80% por debajo del límite mínimo, los microorganismos no se desarrollan. El límite superior es fijado en función de la capacidad de absorción de agua por el material utilizado. Un exceso de agua disminuye la posibilidad y la difusión de oxígeno en el material, además de aumentar el riesgo de contaminación bacteriana. El húmedo puede actuar simplemente como un soporte o como un sustrato.

La selección de un material sólido para un proceso de fermentación sólida puede incluir la evaluación de un gran número de materiales agrícolas, que permitan el crecimiento microbiano y la formación del producto. (Mudgett, 1986, Pandey, 1998).

Dentro de los productos lignocelulósicos de origen agroindustrial susceptibles de ser utilizados como sustratos en la FES, empleando *Pleurotus ostreatus*, se destacan: pulpa de café (Martínez-Carrera, 1987), la paja de caña (Klibansky, 1993) la paja de arroz, (Gutiérrez, 1995), hojas de plátano, (Guzmán 1993), paja de maíz, (Acosta-Urdapilleta, 1988), diferentes tipos de hierbas ; pulpa de café, la cáscara de cacao y cáscara de coco (Bermúdez, 2001)

La FES brinda la posibilidad de producir por vía biotecnológica y de forma combinada, setas comestibles de *Pleurotus spp*, forraje beneficiado, pleurotina; siendo la única biotecnología que permite obtener mediante bioconversión de los residuos agrícolas alimento humano y alimento animal. La FES es además la única biotecnología que reduce al mínimo los subproductos y residuos contaminantes y se considera como una de las vías de mayor sostenibilidad para el aprovechamiento de residuos sólidos.

2.3 Cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Este basidiomiceto se ubica taxonómicamente dentro del Reyno Fungi, División Eumycota, Subdivisión Basidiomycotina, Orden Agaricales, Género *Pleurotus*, Especie *ostreatus*. *Pleurotus* es el nombre genérico de toda una gama de hongos saprofitas comestibles en los que hemos logrado imitar sus hábitos ecológicos naturales a (troncos de árboles secos, generalmente pobres en nutrientes, ramas muertas, hojarasca etc.) para cultivarlas en sustratos lignocelulósicos diversos, habiendo sido objeto de una preparación simple y rápida. Los *Pleurotus* constituyen un grupo de especie muy diversos tanto por sus colores (amarillo, blanco, gris pizarra, marrón oscuro e inclusive rosado) como por sus formas sabor o por sus exigencias técnicas.

2.3.1 Características morfológicas

Los hongos ostra se caracterizan por tener sombrillas o varias sombrillas agrupadas en manojos deprimidos en forma de embudo, generalmente de simetría bilateral pero no axial. Sombrilla en forma de concha ostra unidas a un tallo excéntrico, de ahí su nombre vulgar “ hongo ostra “. En general los pleurotas son cosmopolitas encontrándose presente en todos los continentes, sin embargo desde el punto de vista de exigencias climáticas se les puede clasificar en: *Pleurotus* de clima templado de época invernal (10-20⁰C), *Pleurotus* de clima templado de época de verano o semitropical (15-25⁰C) *P. pulmonarius*, *P. sajor-caju*, *P. florida*, *P. cornucopiae* y *P. eryngii*, *Pleurotus* de zonas tropicales, particularmente de Asia, *P. cystidiosus*, *P. abalonus* y *P. salmoneo*, *P. stramineus*.

2.3.2 Estructura del pleuroma de *Pleurotus*

La mayoría de los hongos cultivados desarrollan estructuras visibles que producen esporas (basidiomas). Estas estructuras son de construcción compleja y poseen un alto grado de diferenciación de tejidos hifales. Esto quiere decir que están formados por hifas provenientes del micelio vegetativo, el cual se transforma en micelio reproductor.

Su formación se debe a la agregación y compactación hifal del micelio, además de una alta ramificación hifal, ensanchamientos, engrosamiento de la pared hifal y también gelatinización (crecimiento, ramificación y agregación hifal), la diferenciación hifal ocurre aun en el estado de colonización del micelio vegetativo dentro del sustrato (Guzmán, 1993). Las fases por las que atraviesa un basidioma para su formación son: Iniciación, Diferenciación, Expansión y Maduración final.

El cuerpo fructífero de *Pleurotus* y de otros Basidiomycetes es una estructura especializada y diferenciada diseñada para la producción y dispersión de gran número de esporas. A diferencia de las células meristemáticas de las plantas, el crecimiento aquí se debe a un control establecido por

el crecimiento regulado por los ápices de la hifas y su posterior ramificación de los compartimentos subapicales por debajo de la región apical de la hifa.

Pleuroma es el nombre que se aplica al basidioma del hongo *Pleurotus*, es un órgano reproductor y productor de estructuras generadoras de esporas, es decir, basidios y basidiosporas, también recibe los nombres de basidioma, basidiocarpo, carpóforo, cuerpo fructífero, himenóforo, esporóforo, etc. dependiendo del autor que se este consultando. El Pleuroma puede ser variable en tamaño, dependiendo de su edad de origen, desde unos cuantos milímetros cuando recién se formó como primordio hasta unos 20 centímetros o más cuando se le ha dejado desarrollar demasiado. Es importante decir que el basidio es la estructura en la cual se lleva a cabo la cariogamia y la meiosis y en donde las meiosporas (basidiosporas) se desarrollan, al basidio se le conoce también como meiosporangio..

El primer estado del desarrollo del Pleuroma es el "primordio". A un tamaño de 1-2 mm de altura se pueden reconocer como cuerpos redondos blanquecinos. El cuerpo esta separado en dos aparentemente idénticas regiones. Conforme el primordio se alarga las dos zonas se diferencian en tres regiones píteo, laminas y estípe. Es importante notar que cuando joven (unos 8 a 10 cm) el Pleuroma es suave y cuando crece mas se vuelve correoso y difícil de paladar. (ver Fig. 1).

El estípite consiste de dos regiones principales el tejido interno y el tejido de la superficie. El arreglo de las hifas varía en las diferentes regiones, pero ambas están verticalmente orientadas. Las células de la superficie se alargan para formar estructuras semejantes a pelos. Las láminas del himenio están compuestas de tres regiones: la trama, el sub-himenio, el himenio. (Fig. 1)

2.3.3 Nutrientes

En el proceso de cultivo de basidiomicetos para su crecimiento micelial y fructificación, el desarrollo exitoso depende de la fuente de carbono, nitrógeno y minerales, que pueden formularse con medios de cultivo convencionales, pero también con sustratos que cumplan los requerimientos o con sustratos suplementados. (Sánchez y Royse, 2001)

Los procesos de bioconversión y de biodegradación de diferentes sustratos se han llevado a cabo mediante el cultivo de hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor caju*, y otros las han exhibido mucha variación y habilidad para la utilización de los diferentes sustratos lignocelulósicos en su crecimiento.

La pérdida de materia orgánica se tiene en cuenta para evaluar la extensión de la biodegradación del sustrato, ya que concomitan con el crecimiento y fructificación de los hongos sobre los subproductos lignocelulósicos, se presenta un decremento en el contenido de la materia orgánica debido a las pérdidas de CO₂ y H₂O durante el metabolismo.

Micronutrientes

Los micronutrientes o elementos trazas son requeridos para el funcionamiento normal de las células en concentraciones menores que los macronutrientes , estos varían entre 0.001 a 0.5 partes por billón (El Katan, 1991). A altas concentraciones son, por lo general, tóxicos para las células hifales, provocando consecuencias drásticas. Dentro de este grupo se encuentran elementos metálicos como hierro, cobre, sodio, zinc, molibdeno, manganeso y cadmio.

Algunos tipos de hongos pueden tener un requerimiento de un microelemento que no es generalmente compartido por otros. El manganeso y el cobalto actúan en las coenzimas del grupo prostético de algunas células, se encuentran en concentraciones de centésimas y diezmilésimas del porcentaje de materia seca. La carencia de alguno de esos microelementos en los basidiomicetos pueden no mostrar síntoma alguno y solamente puede observarse en el crecimiento, que no es bueno en comparación con los que poseen todos los requerimientos nutricionales.

El contenido asimilable de este micronutriente depende de las particularidades biológicas presente en cada género vegetal (Ortega, 1990). Análisis químicos llevados a cabo en células vegetales de plantas y basidiomicetos han confirmado que la riqueza de manganeso en una misma especie vegetal puede variar ampliamente.

La importancia fisiológica del manganeso no se conoce todavía por completo, pero su rol en las células vegetales está ligado a enzimas oxidantes. En deficiencia de manganeso, la intensidad de los procesos de oxidación-reducción y la síntesis de sustancias orgánicas, en los basidiomicetos y otros grupos de hongos se debilita y eso se debe a que este elemento compone las enzimas arginasa, enolasa, carboxilasa y deshidrasa del ácido pirúvico, también juega un papel importante en la asimilación del nitrógeno nítrico (NO_3) y del amónico (NH_3). Esta deficiencia ha sido resuelta aplicando sulfato o cloruro de manganeso para mejorar los rendimientos del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Lelley y Lann, 1993), se plantea que el manganeso regula la actividad enzimática y que el manganeso exógeno estimula la degradación de lignina por *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* (Hadar y Kerem, 1993; Camarero y col., 1996).

.

Consideraciones ambientales durante la producción de hongos

La industria cultivadora de hongos es identificada generalmente como problemática desde el punto de vista de la calidad ambiental. Esta actitud se debe principalmente a que en el proceso se usan estiércoles, se opera con áreas de composteo a cielo abierto y se tiene poco control en el manejo del sustrato degradado por los hongos (SDH). Estas operaciones son causantes potenciales de perjuicios ambientales, como malos olores, contaminación de agua y proliferación de moscas y de otras plagas.

Las consideraciones ambientales deben tomar en cuenta el ciclo entero del cultivo y de utilización del sustrato. Solamente un esquema de producción basado en este criterio puede asegurar que el producto será el resultado de un sistema ambiental amigable. Este ciclo involucra la colección, transporte, almacenamiento y procesamiento de los desechos usados para el sustrato, la siembra, el cultivo y la cosecha de los hongos y la eliminación del SDH. Cuando todas estas etapas son realizadas adecuadamente, la actividad no solo será ambientalmente sana sino más bien ambientalmente benéfica. (Royse y col, 2001).

2.4 Propiedades medicinales y nutricionales de las setas

Los hongos han sido tradicionalmente usados en la medicina oriental, los cuales son recomendados en los siguientes casos: reducir los niveles de colesterol, tratamiento de la

diabetes, hipertensión, desórdenes nerviosos, buena memoria, antiparasítico, disfunción sexual, rejuvenecimiento, laxante, daños en la piel, caída del cabello, antiinflamatorio, antitumorales y úlcera intestinal; entre ellos se pueden citar algunos: *Tremella fusciforme*, *Auricularia aurícula*, *Auricularia polytricha*, *Ganoderma lucidum*, *Schizophyllum commune*, *Grifota frondosa*, *Pycnoporus sanguineus*, *Geastrum saccatum*, *Lentinu edodes*, *Pleurotus djamour*, *Collybia confluens*, *Hericium erinaceum*, y *coriolus versicolor*,(Chang y Miles,1999), (Brizuela y otros, 1998), (Stavinoha y otros, 1995). Algunos han sido comercializados como cápsulas y como pequeños fragmentos de cuerpo fructíferos seco, sin embargo muchos de los hongos que reportados para alivio de estas enfermedades han sido clasificados erróneamente y pertenecen a otros géneros no relacionados, (Guzmán, 2000 b).

En México los hongos con propiedades medicinales que mas comúnmente pueden encontrarse en el mercado, son los *Pleurotus*, comúnmente conocidos con el nombre de “setas”, aunque este nombre en castellano corresponde a todos los hongos macroscópicos, esta variedad de hongos empezó a cultivarse en los Estados Unidos en 1900 y en México en 1974, sin embargo su popularidad ha sido prácticamente insignificante, sin embargo en China su consumo es muy amplio y en Europa también, sobretodo en España y en Italia, donde se ha desarrollado una gran industria alrededor de la producción de las setas.

Cabe mencionar, que existe un gran interés en la producción de este tipo de hongos ya que su valor nutricional es muy bueno, contienen una apreciable cantidad de carbohidratos que no son del tipo de los almidones (los que engordan), su contenido de fibra dietética, es también alto, sobretodo de quitina, un polisacárido con propiedades excepcionales en cuanto a que puede absorber fácilmente las grasas en el tracto digestivo. Muchas empresas de productos naturistas y dietéticos comercializan la quitina y sus derivados como el quitosán (Chitosán en inglés) como productos muy efectivos para evitar la obesidad ocasionada por la absorción de grasas; También tienen una moderada cantidad de proteína de alta calidad, con todos los aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, por lo que se podría clasificar a las setas junto con las verduras mas nutritivas y justo por debajo de las carnes (Arigóní, 1982).

Existen reportes antiguos como el de la Pharmacoepa Sinica, donde se reporta a los *Pleurotus* como hongos cuyas propiedades pueden utilizarse para disipar los enfriamientos, relajar los tendones y las venas, su parte útil son los cuerpos fructíferos, los cuales tienen un sabor dulzón y suave textura. De acuerdo con la sabiduría oriental, las setas previenen la hipertensión y la aterosclerosis. Proporcionan longevidad y vigorizan el organismo, ayudando a las personas a recuperarse de la fatiga, previenen las crudas después de la borrachera, evitan el estreñimiento, y por supuesto fortalecen las capacidades sexuales (Arigóní, 1982).

El cultivo de *Pleurotus sp*, tiene una gran importancia desde el punto de vista nutricional, esta seta tiene entre 1-2.2 % de grasa por peso seco (principalmente ácido oleico: 56 %, palmítico 16% y esteárico 24 %); Carbohidratos, de 55 al 81 %, proteínas se encuentra entre 10 y 30 % del peso seco, las vitaminas oscila en: tiamina (4,8 mg), por c/ 100 g de sustancia seca. de riboflavina (4,7 mg), niacina (108 mg) por c/ 100 g de sustancia seca. de riboflavina (4,7 mg), ácido ascórbico (144 mg) por c/ 100 g de sustancia seca. de riboflavina (4,7 mg). Respecto a los minerales, debemos destacar la existencia de Potasio (3.790 mg/ 100 g de peso seco), Fósforo (1.345 mg/ 100 g de peso seco), Sodio (838 mg / 100 g de peso seco) (Chang, 1996, Gunde-Cimerman, 2001, López, 1994).

El cultivo de hongos reporta grandes ventajas por ser la forma más eficiente de conversión de desechos vegetales en alimento, el alimento obtenido es considerado una comida agradable debido a su textura y sabor, el residuo producido puede ser utilizado de numerosas formas tales como producción de biogás, mejoradores de suelo, lombricultura, etc., representa un papel vital en la ecología del ciclo del Carbono en la Naturaleza.

3. Materiales y Métodos

3.1 Reactivos

Ácido 3,5 dinitrosalicílico	PANREAC
Ácido sulfúrico	Quimefa
Fenol	Flucka chemie AGCH-9470 Buchs
Glucosa	Quimefa
Hidróxido de sodio	Quinsa
Acetato de plomo	
Ácido tricloroacético	Merck.
Carbonato de sodio	BIOCEN
Acido cafeico	

3.2 Equipos

Autoclave vertical(BK-25)
Espectrofotómetro UV/VIS
Estufa (FrankSkorozemki)
Horno (Vebe Bebau)
Balanza analítica (Labor Muszeripapeari Muvek LB-1050)
Balanza técnica (OWA Labor)
Placha eléctrica (MLW LP300)
PH- metro (MLW AT3)
Centrífuga (Clay Adams)

3.3 Métodos Analíticos empleados

Análisis del contenido de Azúcares reductores por DNS (Miller, 1959)

Fundamento: Este método se basa en la determinación colorimétrica de los azúcares reductores por la formación de compuestos coloreados, producto de la reducción del ácido 3,5 Dinitrosalicílico a 3-nitro-5-aminosalicílico. El contenido de azúcares reductores es determinado por interpolación en la curva de calibración.

Análisis del contenido de carbohidratos totales solubles (Dubois y col.,1956)

Fundamento: Este método se basa en la deshidratación e hidrólisis de los anillos furanósicos y piranósicos constituyentes de los carbohidratos, los cuales reaccionan con el fenol dando un complejo de color amarillo anaranjado.

Determinación de Fenoles

Método colorimétrico de Folin Denis (Harborne, 1964).

Determinación de Cafeína

Método espectofotométrico UV (Shufen, 1990)

Ácidos Nucleicos

Método espectofotométrico según metodología de Pat y Prenyse (1973) citado por Bermúdez, 1999.

Determinación de Proteína Bruta

Este método se basa en la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador, para convertir el nitrógeno orgánico en iones amoniacales que se transforman en amoníaco por alcalinización, el amoníaco se destila y se valora; con la cual se calcula el nitrógeno y la proteína presente.(NC:86-05:1954).

Determinación de Grasa

El método se basa en la extracción de la grasa contenida en los sustratos mediante un solvente orgánico a reflujo.(NC: 86.08:1984)

Determinación de Cenizas Totales

La incineración de la porción de ensayo en una atmósfera oxidante y posteriormente se pesa el residuo obtenido (ISO 2171:2002).

Determinación de Humedad

La pérdida de agua contenida en una muestra a temperatura entre 130⁰C y 133⁰C (NRIAL 280:1991).

Materia seca se calcula por la expresión: 100- humedad; para obtener el cálculo de la relación C/N se ha aplicado la expresión $C \% = 0.58 \times \text{materia orgánica}$; el porcentaje de nitrógeno total por el método de Kjeldahl (la expresión $N \times 6.25$ proporciona el tanto por ciento de proteína bruta) y para tener el cálculo de materia orgánica se le descuenta a la materia seca las cenizas. (Sánchez y Royse, 2001)

3.4 Metodología del cultivo

El presente trabajo experimental se realizó, bajo condiciones controladas en los laboratorios del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente.

El desarrollo experimental de la investigación se realizó en tres partes:

- Selección de las cepas.
- Caracterización química de los sustratos.
- Influencia de los sustratos y sus mezclas.

3.4.1 Diseño experimental para la selección de cepas sobre pulpa de café

Para la primera parte experimental se utilizó un total de siete cepas de diferentes orígenes de las especies más comunes de *Pleurotas sp*, tales como:

CEPAS	# DE LA COLECCIÓN
1	CCEBI-3021
2	CCEBI- 3022
3	CCEBI-3023
4	CCEBI-3024
5	CCEBI-3025
6	CCEBI-3026
7	CCEBI-3027

Estas cepas se encontraban en tubos con extracto agar malta y se resembraron en placas Petri con el mismo medio de cultivo, tomando una pequeña porción del micelio llevándolo al centro de la placa con el asa de siembra, luego se incubó a 28⁰ C

En la producción del inóculo se sembró en el sorgo previamente remojado durante 12 horas y escurrido; para su esterilización, se emplearon 21 frascos de vidrio de boca ancha (Omnia) de 750-1000 mL. Cuando el soporte se esterilizó y se enfrió completamente se procedió a la inoculación en el propio envase, posteriormente se mantuvo en reposo a una temperatura de 28-30⁰c, en penumbras hasta lograr los 21 días su total propagación en el micelio.

Preparación del Sustrato

1-Limpiar el residual y eliminar los cuerpos extraños.

2-Remojar en agua durante 24 horas.

3-Escurrir.

4-Esterilizar en bolsas de PVC resistente al calor durante 1 hora.

Inoculación y Montaje

Se realizó mezclando el inóculo con el sustrato(500g) a una razón del 20% de inóculo con relación al peso del sustrato húmedo; homogeneizando de forma que todo el inóculo se distribuyera en el volumen de sustrato. Se amarró la boca de la bolsa cuidando que no quedaran espacios libres, se eliminaron las puntas garantizando el intercambio con el medio. Se colocaron en los estantes ubicados en el cuarto de colonización.

Colonización

Se realizó en un local con penumbra a una temperatura de 26-28⁰C y humedad de un 70-80 %.En esta etapa el micelio de *Pleurotas sp* .se desarrolla de forma vegetativa sobre toda la masa del sustrato. Al tercer día de colocadas las bolsas se le realizaron perforaciones de 1 cm de diámetro separados por 8 cm cada una; a los 18 días se logró la completa colonización del sustrato.

Fructificación y Cosecha

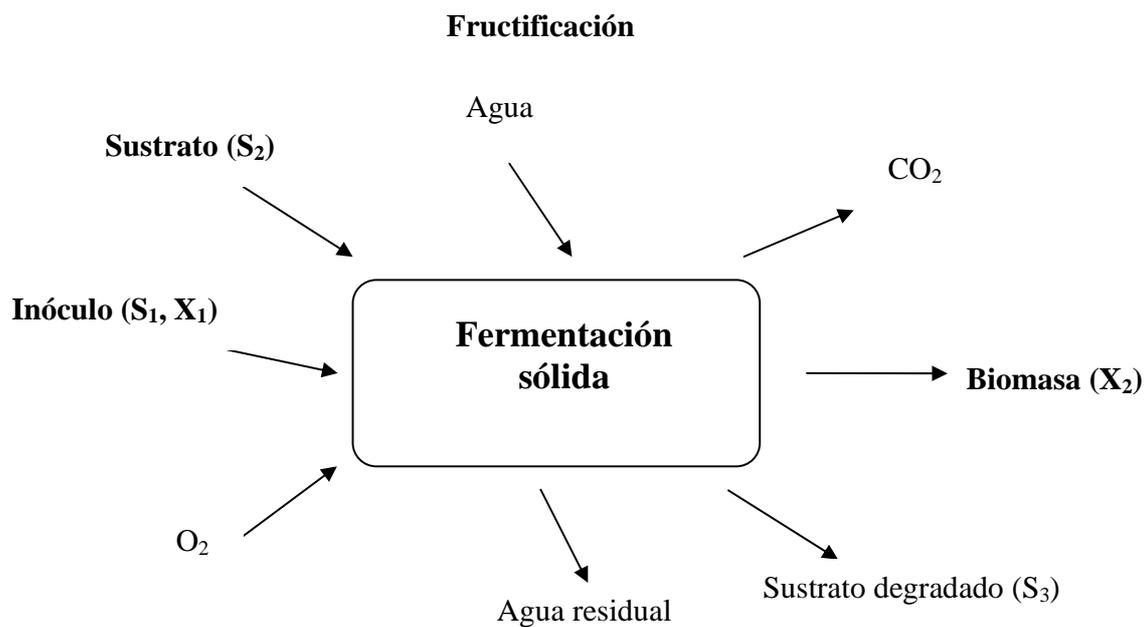
Una vez colonizado el sustrato, el hongo cambia de su fase de crecimiento vegetativa al desarrollo de los cuerpos fructíferos, por lo que se realizan cambios en las condiciones establecidas, para la estimulación y el desarrollo de los mismos.

- Humedad: Entre 90-95 %, se logra mediante la nebulización con un dispositivo de riego por aspersión.
- Temperatura: Entre 24-26⁰ C.
- Iluminación: Se requiere más de 400 Lux, en fotoperíodo de 12 horas /día se logra con lámparas fluorescente colocadas en techos y paredes.
- Ventilación: Es decisivo eliminar el CO₂ producido durante la respiración de las setas, se logra mediante extractor de aire, removiendo el aire 2 o 3 veces por hora.

Cuando aparecieron los brotes o primordios, se comenzó a inducir con iluminación; La colonización completa del micelio sobre el sustrato permite tal compactación que se pueden retirar las bolsas de nylon.

Una vez desarrollado el cuerpo fructífero o setas, lo cual se indica cuando la oreja se encuentra en forma plana, se cortaron los racimos con un instrumento afilado eliminando los restos de sustrato, se pesaron, se le midió el diámetro de las orejas y se hicieron otras anotaciones como el color y la forma de cada una de las cepas. Luego se incubaron 24 horas a 105⁰ C y se pulverizaron para realizarle las determinaciones previas según indican los métodos analíticos más adelante.

Los factores que intervienen en la fructificación, aparecen en el esquema 1.



Esquema1 . Balance de materia durante el cultivo de *Pleurotus*

Para la fase biótica: $X_1 + Y(S_1) + Y(S_1) + Y(S_2) = X_2$, (1)
 donde:

- S_1 = Sustrato en el inóculo (g)
- S_2 = Sustrato para fructificación (g)
- S_3 = Sustrato degradado (g)
- X_1 = Biomasa del inóculo (g)
- X_2 = Biomasa producida (g)
- Y = Rendimiento

X_2 es el total de hongo producido como micelio (X_m) + los cuerpos fructíferos (X_3)

Como $S_1 \ll S_2$ y $X_1 \ll X_2$ el **rendimiento** del proceso puede considerarse como:

$$Y = X_2 / S_2 \quad (2)$$

En el estudio que realizamos, tomamos en cuenta las variables que nos permiten determinar los parámetros abajo descritos, relacionados con el inóculo, el sustrato y las setas; las condiciones ambientales son iguales para todos los casos.

3.4.2 Parámetros determinados

- Producción promedio de setas frescas producidas por cepas.
- **Rendimiento** definido como la relación en por ciento del peso de las setas frescas y el peso húmedo del sustrato

$$Y = X_2 / S_2 = R = (\text{peso de las setas frescas} / \text{peso del sustrato húmedo}) \times 100$$

- **Eficiencia biológica** definida como la relación en por ciento del peso de las setas frescas y el peso seco del sustrato.

$$E.B = (\text{peso de las setas frescas} / \text{peso del sustrato seco}) \times 100$$

Según establece esta tecnología el rendimiento debe ser superior al 10 % y la eficiencia biológica debe alcanzar valores como mínimo del 40 %, lo cual determina que sea factible económicamente el proceso.

- **Precocidad (P)** definida como el tiempo que transcurre entre el día de la inoculación y la aparición del primer primordio o carpófago.
- **Tasa de producción:** Eficiencia Biológica/días transcurridos desde la siembra hasta el último día de producción. (Sánchez y Royse, 2001)

3.5 Sustratos empleados

Se escogieron 3 sustratos (cáscara de coco, viruta de madera y pulpa de café) a los cuales se le hicieron las determinaciones bromatológicas según los métodos analíticos descritos. Además de seleccionar el trigo como suplemento en las mezclas.

- Cáscara de coco, *Cocos nucifera L.*, de la zona de El Cristo, Santiago de Cuba. El coco se transporta hasta nuestro Centro, donde luego de picado se procede a secarlo al sol para luego molerlo y tamizarlo con el objetivo de homogeneizar la muestra.
- Viruta de madera (cedro) de la especie, *Teona ciliata* (Roem) o cedro de himalaya.

Que fue introducido en Cuba por la estación agropecuaria hace más de 70 años, esta viruta procede de la carpintería de la Universidad de Oriente.

- Pulpa de café de la especie *Coffea arábica L.* procedente del Centro de beneficio húmedo “El Ramón” en el municipio Santiago de Cuba, sometida a un proceso de secado solar para su posterior almacenamiento y traslado.
- Semillas de trigo, procedentes de la Empresa Molinera Santiago.

3.4 Diseño experimental para el cultivo de la cepa 3024 en mezclas de sustratos.

En este trabajo experimental se partió de la cepa 3024, que es la más estudiada en cultivos con sustratos puros, además de corresponder a las tres cepas de mayor eficiencia en el estudio en pulpa de café.

Mezcla de Sustratos

Se montaron tres bolsas 100% pulpa de café, dos bolsas 100% coco, tres bolsas con una proporción 1:1 de coco más pulpa de café y dos bolsas con coco más pulpa de café pero con una proporción 3:1.

Suplementación con Trigo

Se inoculó una bolsa que contenía 100% coco y otra 100% viruta de madera, estos sustratos fueron suplementados con trigo de la siguiente manera: cuatro bolsas de la mezcla binaria coco más trigo con una proporción 2:1 y cuatro bolsas más con esta misma proporción pero de la mezcla viruta de madera más trigo. Cuando la elaboración del sustrato se basa en la utilización de serrines como es el caso de la viruta de madera que es un material pobre en nitrógeno y con una elevada relación C/N es muy frecuente recurrir al uso de granos o salvados de trigo, arroz, etc. para equilibrar nutritivamente el sustrato.

Manú-Tawaiah y Martín (1988), determinaron que la relación para el crecimiento en medio líquido de *P. ostreatus* era de 40:1, Hanz en 1978, encontró que para la misma especie una relación de 15:23 permitirá una rápida formación de cuerpos fructíferos con bajos rendimientos y de 11:42 aumentaba los rendimientos, pero disminuía la formación de cuerpos fructíferos. La relación óptima debía ser de 30:46.

4 Resultados y Discusión.

Para un cultivo eficiente de las setas *Pleurotus sp.* o de cualquier otro género de setas comestibles, depende en gran medida del mantenimiento y conservación adecuado de las cepas empleadas. (Sánchez y Royse, 2001).

Las condiciones en que se llevó a cabo el estudio del cultivo de las diferentes cepas en pulpa de café se presentan en la Tabla 3, la temperatura de colonización fue de 25⁰C lográndose una

buena colonización por parte de todas las cepas, la cual tuvo un tiempo de duración de 18 días y la humedad relativa se mantuvo aproximadamente en 63 %, es importante mantener estos parámetros lo más estables posible para evitar la contaminación del sustrato y por consiguiente la inhibición de la colonización.

Después de la incubación, cuando el micelio ha colonizado el sustrato de tal manera que ya no se distingue el aspecto ni la coloración del sustrato inicial, sino que al contrario este se ve como una masa homogénea blanco-algodonosa, se le realizaron ciertos ajustes ambientales para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos. La fructificación se llevó a cabo bajo condiciones controladas, la temperatura establecida fue de 18⁰C, la humedad relativa aproximadamente en 73 % y un fotoperíodo de 10 horas luz y 14 de oscuridad, esta fase tuvo un tiempo de duración de 43 días.

Como muestra la Tabla 4 todas las cepas fructificaron excepto la cepa 6, lo cual puede explicarse por la influencia de algún factor físico u operacional (temperatura, humedad, concentración de oxígeno, etc.) que inhibió la fase de crecimiento vegetativa del hongo. Se muestra además, la precocidad de las cepas cultivadas, la cepa 3 y 5 a los 20 días salieron sus primordios, le secundaron la cepa 1 y 7 con una precocidad de 21 días y en tercer lugar la cepa 2 y 4 con 25 días.

A medida que se cosecharon las setas se fueron pesando para tener el total de producción en (g) por cada cepa; como muestra la Tabla 5 y se le midieron aspectos como el diámetro de las orejas, el color y la textura que se presentan en la Tabla 6.

La cepa 1 como muestra la Fig.2 su color es café claro y su textura carnosa con un diámetro de oreja de 8.97 cm. con bordes finos y ondulados

La cepa 2 tiene color blanco amarillento y su textura es coriácea las orejas no tienen un diámetro muy amplio y sus bordes se curvan hacia abajo, en el centro se observa un aspecto aterciopelado como lo muestra la Fig. 3 con un diámetro de oreja de 6.9 cm.

En la Fig. 4 se observa la cepa 3 de color blanco y textura carnosa con bordes finos y planos ; en la tabla 6 se muestra el diámetro de las orejas que es de 9.3 cm siendo esta la de mayor diámetro.

La cepa 4 como muestra la Fig. 5 es de color blanco con una textura carnosa pero frágil con orejas de bordes finos con una ligera ondulación; como muestra la tabla 6 el diámetro de las orejas es de 7.5cm.

La cepa 5 también es de color blanco como se observa en la Fig. 6 con orejas de poco diámetro aproximadamente de 5.62 cm con bordes finos y planos con una textura carnosa.

La cepa 6 no logró fructificar aunque su colonización fue exitosa. Todo parece indicar que algún factor físico (temperatura, inducción con luz, humedad, etc.) influyó negativamente en la fructificación, cuestión que debe ser estudiada con profundidad.

La cepa 7 como muestra la Fig. 7 tiene orejas color café oscuro con bordes finos y ondulados de textura carnosa y apariencia frágil; el diámetro de sus orejas es de 9.10 cm, como se presenta en la Tabla 6.

Rodríguez y col (1993) hicieron un trabajo micoflorístico donde se describe el color de algunos basidiomicetos y los mismos tienen colores y textura muy parecidos a la descrita en nuestro experimento como el café de las cepas 1 y 7; el blanco de las cepas 2, 3, 4 y 5 y la textura aterciopelada de la cepa 2.

En la Tabla 7 se representan los valores de Eficiencia Biológica, Rendimiento y Tasa de Producción de las diferentes cepas cultivadas en pulpa de café.

La cepa 1 produjo hasta 61 días, con Eficiencia Biológica de 204.36 %, para una Tasa de Producción de 3.35 % superiores a las referidas por Martínez Carrera en la Tabla 1, y la referida por Bernabé y col, 2004 pero con *Pleurotus pulmonarius*, con una EB de 163.79 % y una TP de 3.15 %, la cepa 4 es la cepa que se tomó de referencia por ser esta la más estudiada por el CEBI con una Eficiencia Biológica de 168.5 %, 42 % y la cepa 7 fue la que menos tiempo de producción tuvo con solo 50 días sin embargo es la cepa que tuvo mejores resultados en todos los parámetros que se midieron, su Eficiencia Biológica fue de 225.30 %, con una Tasa de Producción de 4.50 %, superiores a los referidos en la Tabla 2 por Martínez Carrera, 2001 que cultivó a *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café y obtuvo una EB de 159.9 %.

La cepa 2 produjo 54 días pero su Eficiencia Biológica fue solo de un 33.17 %, valor este, inferior a los reportados por Bernabé, 2004 con *P.pulmonarius*.

En la Tabla 8 se presentan algunos componentes químicos de *Pleurotus sp* cultivado en pulpa de café, como son los carbohidratos que representan uno de los principales constituyentes de varias especies de *Pleurotus sp*, los cuales se encuentran entre 4.32-6.79 % referidos en base seca, valores similares a los reportados por Bano y col, 1987 que fue de 4.2 %.

También, resulta interesante el porcentaje de proteína bruta que presentan las setas en comparación con los sustratos donde se cultivan (ver tabla siguiente), que son mayores, lo que parece indicar que en el proceso de fructificación se utiliza el nitrógeno atmosférico.

Proteína bruta (% base seca)

Sustratos	Sustrato	Setas	Referencias
Pulpa de café	11.16	26.2	García, 1999
Bagazo de caña	2.9	29.0	Ortega, 1999
Cáscara de coco	6.8	28.0	Bermúdez, 2002

Valoración de los sustratos y sus mezclas en el cultivo de *Pleurotus sp*

Como indica la metodología de el experimento se escogieron tres subproductos agrícolas y el trigo como suplemento, todos ellos poseen requerimientos nutricionales necesarios para el cultivo de las setas comestibles, pero los resultados de la valoración bromatológica de los sustratos que muestra la tabla 9 demuestran que la pulpa de café arrojó mayor por ciento de cenizas con 12.82 %, el segundo con más cenizas es el coco con 3.25 % y por último la viruta de madera con 1.23 %.

En Italia, Ferri en 1985 recomienda que el contenido de nitrógeno del sustrato esté comprendido entre el 0.6-1.2 % de la materia seca total; en el presente experimento el café tiene 2.86 % del nitrógeno de la materia seca total, el coco 0.49 % y la viruta de madera el 0.10 %. Patra y Pani, (1995) plantea que la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas de 50 % coincidiendo de esta forma con los resultados obtenidos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café donde se obtuvieron eficiencias biológicas elevadas; de las seis cepas cultivadas sólo una está por debajo del 50 % que en este caso es la cepa 2 con E B = 33.17 %, el resto de las cepas tienen EB entre 95-225 %; lo cual indica que el 96.12 % de las cepas que se cultiven sobre pulpa de café colonizarán y fructificarán con éxito. Como muestra la Tabla 1 Martínez Carrera, 2001; cultivó *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café obteniendo una eficiencia biológica de 175.8 % y Bermúdez, 2001 también cultivó a *Pleurotus var. florida* en pulpa de café donde el resultado de la eficiencia biológica es de 168.5 %.

La tabla 9 muestra además la relación C/N de los diferentes sustratos que se le hizo la valoración bromatológica donde se observa que los sustratos con un elevado por ciento de cenizas como es el caso de el café tienen una relación C/N muy baja, es decir que esta relación es inversamente proporcional al por ciento de cenizas; el café tiene 12.82 % de cenizas y una relación C/N = 17.37, el coco tiene 3.25 % de cenizas y una relación C/N de 103.1 y la viruta de madera tiene solo 1.23 % de cenizas sin embargo su relación C/N es de 523. Por los resultados obtenidos se determinó escoger los sustratos que se encontraban en los extremos como el café y la viruta de madera con el objetivo de equilibrar los nutrientes de la mezcla y para que el hongo tenga una selectividad química y biológica que le permita colonizar y fructificar eficientemente, aunque el género *Pleurotus sp* no exige un sustrato con selectividad química ya que puede crecer en medios nutritivos con una relación C/N comprendida entre 30-300; en cambio si necesita selectividad biológica y por tanto la flora acompañante debe ser protectora y no competidora (Sánchez y Royse, 2001), razón por la cual la inoculación se hace bajo las condiciones de asepsia extremas y las condiciones de incubación las requeridas para evitar la proliferación de gérmenes que puedan competir por los nutrientes con *Pleurotus sp* inhibiendo su crecimiento.

Mezcla de sustratos

En la tabla 10 se muestra el resultado de las mezclas de sustrato y de los sustratos 100 % pulpa de café y cáscara de coco; en la primera mezcla pulpa de café más cáscara de coco con una proporción 1:1 la eficiencia biológica es de 113.9 % su rendimiento es de 31.9 % para una tasa de producción de 2.53 % y en la proporción 3:1 la eficiencia biológica es de 110.6 %, su

rendimiento es de 32.6 % con una tasa de producción de 2.46 %, los diseños experimentales aplicados no arrojaron diferencias significativas entre ellos.

Como se muestra en la tabla 2 Martínez-Carrera y col, en 1993 hicieron una mezcla de sustrato 3:1 cáscara de coco más pulpa de café donde pusieron a cultivar a *Pleurotus* (*P. florida*) y obtuvieron una eficiencia biológica de 152.0 % la cual es similar a la reportada en este trabajo con la misma mezcla y la misma proporción, Bermúdez y col, en 1994 usaron la cáscara de coco (no fermentada) y obtuvo una eficiencia biológica de 88.6 %, en cambio el resultado del cultivo 100 % cáscara de coco en este trabajo dio 101.2 % de eficiencia biológica siendo esta superior; aunque la realizada con pulpa de café arrojó una eficiencia biológica de 159.8 % resultados similares a los reportados por Bermúdez y col en 1994 y Martínez-Carrera en 1989 sobre pulpa de café con eficiencia biológica de 170.0 % y 175.0 %, respectivamente.

Se sembró *Pleurotus ostreatus* sobre 100 % cáscara de coco y 100 % viruta de madera en ambos casos la precocidad fue de 20 días, ver Tabla 11 pero la cáscara de coco tuvo una eficiencia biológica de 90.0 % y un rendimiento de 30.0 % para una tasa de producción de 1.43 % y la viruta de madera solo con 67.3 % de eficiencia biológica, rendimiento de 20.9 % para una tasa de producción de 1.07 %; como se aprecia los resultados para la cáscara de coco son superiores que los de la viruta de madera; sin embargo cuando ambos sustratos son suplementados con trigo los rendimientos de estas mezclas no arrojan resultados significativos entre ellos lo que confirma que se logra un equilibrio de los nutrientes al mezclar materiales con un alto contenido de nitrógeno y una relación C/N bajo como es el caso de el trigo, con otros cuya relación C/N son elevados como es la viruta de madera y la cáscara de coco.

Esta práctica de suplementación con materiales ricos en nitrógeno como es el caso del trigo con 1.66 % nitrógeno no está exenta de riesgo ya que favorece el desarrollo de microorganismos competidores, así como la de ocasionar incrementos peligrosos de temperatura en el sustrato no siempre fáciles de controlar si no se dispone de medios adecuados.

Conclusiones

1. La caracterización química de los sustratos empleados ha permitido demostrar la importancia de la relación C/N y las cenizas en el proceso de fructificación, así como la posibilidad de que en el mismo se emplea el nitrógeno del ambiente.
2. Por la morfología y estructura de los cuerpos fructíferos obtenidos en el cultivo sobre pulpa de café, se confirma que son del género *Pleurotus*.
3. El estudio de las diferentes cepas de *Pleurotus* sp sobre pulpa de café se determinó que las cepas CCEBI3027, CCEBI3021 y CCEBI3024 son excelentes productoras de setas comestibles.
4. Las mezclas de sustratos estudiados pueden ser empleadas en el cultivo de *Pleurotus* sp, ya que presentan parámetros superiores a los factibles económicamente para este proceso.

6 Recomendaciones

1. Continuar los estudios del cultivo de *Pleurotus sp* en mezclas de sustratos, sobre todo teniendo en cuenta la composición de minerales de los sustratos.
2. Continuar utilizando otros residuos y subproductos agrícola para el cultivo de setas comestibles.

Bibliografía

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.

Arigóni, A. 1982. Studies on terpenoid biosynthesis: production of the antibiotic pleurotin. Abstr Pap Chem Soc p 184.

Atehortúa L. 1995. El papel de los hongos en la bioindustria. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Bermúdez, R. C., 1999. Apuntes del curso aprovechamiento biotecnológico de residuos industriales. Riobamba. ESPOCH. Ecuador.

Bermúdez, R. C. y col. 1999a. Caracterización técnica-socio-económica y ambiental de las despulpadoras de la provincia Santiago de Cuba. Resultado parcial del Proyecto Nacional Valorización de los Residuales del Café. CITMA, Cuba.

Bermúdez, R. C., N. García, P. Gross y Serrano, M. 2001. Cultivation of *Pleurotus* on agricultural substrates in Cuba. Micología Aplicada Internacional, 13(1) pp.25-29.

Bressani, R., 1979. Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. Edición Española, Bogotá, Colombia. 152p.

Brizuela M.A; García L; Pérez L y Mansur M. 1998. Basidiomicetos: nueva fuente de metabolitos secundarios. Rev. Iberoam. Micol, 15: 69-74.

Camarero, S.; Bockle, B.; Martínez, M. J. y Martínez, A.T. 1996. Manganese mediated Lignin degradation by *Pleurotus pulmonarius*. Appl. Environ. Microbiol. 62:1000-1072

Cardona U.L.F. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Crónica Forestal y del Medio Ambiente 16:99-119.

Castillejos P.V; Sánchez V.J.E y Huerta P.G. 1996. Evaluación de cepas del hongo comestible *Auricularia fuscosuccinea* nativas del Soconusco, Chiapas. Rev. Mex. Mic. 12, 23-30.

Chang S.T. 1980. Las setas y el alimento humano, Bio Science, 30: 339 – 401.

Chang S.T. and Buswell, J. A. 1996. Mushroom nutraceutical. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 12. 473-476.

Chang S.T. 1998. A Global Strategy for the Bioconversions of Lignocellulosic Biomass – a Challenge of a “non – green revolution”; ZERI Newsletter, 9, 37 – 39.

- Chang S.T y Miles G.P. 1999. Biologías de las Setas. Fundamentos Básicos y Acontecimientos Actuales. Publicado por Instituto ZERI para América Latina.
- Dubois, M., Guilles, K., Hamilton, J. K., Robers, P.A y Smith, F., 1956. Colorimetric methods for determination al sugar and related substances. Anal Chem. 20, p. 350-356.
- El-Kattan, M.H.; Affify, S.A. and Aly, Z.M.A. 1991. Evaluation of *Pleurotus sajur-caju* fungal pellest as food. Mush. J. tropics 11:13-22
- Espinosa, V; Delfín, R.; Hernández, T.; Andrade, O. y González, E. 2000. Posibilidad de cultivo de *Pleurotus* sobre un desecho doméstico. En: memorias del I Simposio Latinoamericano del Cultivo de Hongos Comestibles. Xalapa.
- France A. 2002. Producción de hongos comestibles. Boletín INIA No 23.
- García, N., R. C. Bermúdez. (tutora). 1999. Producción de setas comestibles *Pleurotus ostreatus* sobre subproductos del café y del cacao. Tesis de Master en Biotecnología. 90 pp. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Universidad de Oriente.
- González, S., 1994. Estudio técnico-económico de la producción de hongos comestibles a partir de la pulpa de café. Trabajo de Diploma. Facultad de Economía. Universidad de Oriente.
- Gunde-Cimerman, N.; Plemenitas, A . 2001. Hypocholesterolemic activity of the genus *Pleurotus*. Perspectives of medicinal mushroom in healthcare and nutrition in the 21st Century. 12-14 september Kiev, Ukraine. Abstract in International Journal of medicinal Mushroom 3(2-3) p 91
- Gutiérrez, I. ; L. González; M. Klibansky; A. L. González y D. González, 1995. Cultivo de hongos comestibles en diferentes sustratos de desechos. En: Memorias de la Conferencia Mundial sobre Biomasa para la Energía, el Desarrollo y el Medio Ambiente, La Habana.
- Gutiérrez-Roja, M ; y Favela-Torres, E., 1993. Curso de fermentación en medio sólido. Biotecnología para el aprovechamiento de residuos agroindustriales y municipales. UAM – Iztapalapa. Dpto. de Biotecnología. México.
- Guzmán G; Mata G; Salmenes D; Soto-Velasco C y Guzmán-Dávalos L. 1993. El cultivo de los hongos comestibles con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. IPN. México D.F.
- Guzmán G. 1999. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos de México. La Diversidad Biológica de Iberoamérica Vol. II, Acta Zoológica Mexicana. 111-175.
- Guzmán G. 2000a. Genus *Pleurotus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (Agaricomycetidae) : Diversity, Taxonomic Problems, and Cultural and Traditional Medicinal Uses. International Journal of Medicinal Mshrooms, 2: 95-123.

- Guzmán, J. E. 2000b. Producción de setas comestibles *Pleurotus pulmonarius* a partir de residuos agropecuarios de la zona de Minatitlan-Cosoleaca, Veracruz. En: Memorias del I simposio de cultivo de hongos comestibles (Resúmenes). Xalapa, Ver.
- Guzmán, G., Torres, M; Ramírez y Ríos, A. 2005. Introducción al conocimiento de los macromicetos de Chocó, Colombia. Rev. Mexicana de Micología 19:33-43.
- Guzmán-Dávalos L; Soto C y Martínez D. 1987. El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Pleurotus* en México. Rev. Mex. Mic. 3: 79-82
- Hadar, Y., Kerem, Z. and Gorodecki B.,1993. Biodegradación of lignocellulolytic agricultural waste by *Pleurotus ostreatus*. Journal Biotechn. 30:133-139.
- Harborne, J. K.,1964. Biochemistry of phenolic compounds. Academic Press, London. P. 42
- ISO: 2171: 2002 (publicado por la ISO, 1993). Determination of total ash. Comité estatal de Normalización, nivel central, La Habana, Cuba.
- Klibansky, M. y col., 1993. Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowaster. Acta Biotechnol. 13, 71-78.
- Lelley, J. y Lang, E . 1993. Lignocellulose decomposition and production of lignolytic enzymes during interaction of white rot fungi with soil microorganisms. Microb. Ecol. 30:1-10
- López, A. y J. Alvarado, 1994. EL VALOR NUTRITIVO DE LOS HONGOS. Notas Técnicas 15, Universidad Veracruzana, Centro de Genética forestal, Xalapa, Ver. y características de nuestro micelio de *Pleurotas ostreatus* (Gárgolas):F1 Gertisem.
- Manú-Tawiah, W Y A.M. Martín, 1988. Nitrogen sources and the growth response of *Pleurotus ostreatus* mushrooms mycelium Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 21:2, 194-199.
- Martínez- Carrera, D. 1987. Desing of a mushroom faro for growing *Pleurotus* on coffe pulp. *Mush. J. Tropics*, 7, 13-23.
- Martínez-Carrera, D. 2000. Perspectivas de la producción de hongos comestibles en México para el siglo XXI. En: Memorias del I Simposio Latinoamericano de cultivo de hongos comestibles (Resúmenes). Xalapa, Veracruz.
- Martínez Carrera, D. A. Aguilar, W. Martínez, M. Bonilla P. Morales; M. Sobal. 2001. Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffe pulp in mexico. Chapter 45 In Coffee Biotechnonology and Quality; Sera T., Soccol C. R. Pandey A.; Roussos S. (eds) Kluwer Dordrecht, pp471-488.
- Miller, G. L.,1959. Use of D.N.S Acid reagent for determinations of reducing sugars. Analitical chemistry. Vol.31, No. 3, Marzo.

Mudgett, R., 1986. Solid-State Fermentation. In: A. L. Demain and N. A. Solomon (eds).: Manual of industrial the biotechnology. Institute of Technology, Cambridge, Massachussets, USA.

NC: 86.08:1984. Determination of fat. Comité Estatal de Normalización, nivel central. La Habana, Cuba.

NC:86-05:1984. Determination of protein. Comité Estatal de Normalización, nivel central. La Habana, Cuba.

NRIAL: 280:1991. Determinación de humedad. Comité Estatal de Normalización, nivel central, La Habana, Cuba.

Ortega, E. D., R. R. García., 1990. Manual de fisiología Vegetal. Universidad de la la Habana. Editorial Pueblo y Educación Habana. Cuba.

Ortega, G. y Mansur M. (tutora) 1999. Biodegradación de residuos de la cosecha cañera con hongos del género *Pleurotus*. Tesis para optar por el título de Maestro en Microbiología mención Fermentaciones. Universidad de la Habana.

Pauly, G. 1999. Diversificación del trópico. Instituto zeri para Latinoamérica. Santafé de Bogotá D.C.p 201.

Pandey, A. 1998. Solid state fermentation for the production of industrial enzyme. Artículo tomado de Internet. <http://www.portalbioceánico.com>

Ríos H.A; Medina R.M.A; Torres T.M.G; Barrios A.L y Mosquera, M.L.H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de las setas *Pleurotus sajor cajú* y *Ganoderma lucidum* en el Municipio de Quibdó. Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó, No 14: 6– 12.

Sánchez, J. E y Royse, 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* ECOSUR /LIMUSA, México.

Sánchez A.D; Chacón S y Sánchez J. E. 1993. Producción natural de *Cookeina sulcipes* (ASCOMYCOTINA, PEZIZALES) en la región de Tapachula, Chiapas (México). Rev, Mex. Mic. 9, 47-56.

Shufen, L, I., J Berger and S. Hartlano, 1990. Analitic chimia Acta 232. p. 409-412.

Stavinoha W.B; Satsangi H and Weiretraus S.T. 1.995. Estudios de la Eficiencia Antiinflamatoria de *Ganoderma Lucidum*, en Recent Advances in *Ganoderma lucidum* Research. Ed. Por B.K. Kim and V.S. Kim. The Pharmaceutical Society of Korea.

Torres, T.M.G; Rios, H.A; MEDINA, R.M.A y otros. 2002a. cultivo de hongos comestibles y su importancia en la descontaminación ambiental en la ciudad de Quibdó. Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó, No 16: 9-12.

Torres T.M.G; Rios H.A; Medina, R.M.A y otros. 2002b. Distribución de algunos géneros de macromicetos en el municipio de Quibdó. Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó, No 16: 53-56.

Torres T.M.G; Rios H.A; Medina R.M.A y otros. 2002c. Componentes Nutricionales de la seta *Pleurotus sajor caju* producida en dos sustratos orgánicos. Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó, No 17: 17-20.

Zuluaga, J.V. 1989. Utilización integral de los subproductos del café. En Raussos, S.; Licona, R. y Gutiérrez, M. I Seminario Internacional sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetalera.

Tabla 1 *Pleurotus ostreatus* Cultivado sobre diferentes sustratos puros.

SUSTRATOS	ESPECIE	E.B (%)	REFERENCIA
Pulpa de café <i>Coffea arabica</i>	<i>P. ostreatus</i> var. <i>Florida</i>	168.5	Bermúdez, 2001
Pulpa de café <i>Coffea arabica</i>	<i>P. ostreatus</i>	159.9	Martínez-Carrera, 2001
Pulpa de café <i>Coffea canephora</i>	<i>P. ostreatus</i> var. Florida	70.9	Bermúdez, 2001
Pulpa de café	<i>P. ostreatus</i> var. Florida	175.8	Martínez-Carrera, 2001
Paja de arroz	<i>P. ostreatus</i>	84.6	Pani y Mohanty, 1998
Cascarilla de arroz	<i>P. ostreatus</i>	56.1	Hashimoto y Takahasi,1974
Bagazo de caña de azúcar	<i>P. ostreatus</i>	14.15	Martínez-Carrera, 1989
Cáscara de coco	<i>P. ostreatus</i>	88. 6	González, 1993

Tabla 2 *Pleurotus ostreatus* Cultivado sobre diferentes mezclas de sustratos

MEZCLAS	ESPECIE	E.B (%)	<i>REFERENCIA</i>
Pulpa de café + paja de cebada	<i>P. ostreatus</i>	99.7	Martínez-Carrera, 2 001
Pulpa de café + bagazo caña de azúcar	<i>P. ostreatus</i>	96.9	Martínez-Carrera, 2 001
Pulpa de café + fibra de coco	<i>P. ostreatus</i> var. Florida	89.4	Martínez-Carrera, 2 001
Pulpa de café + tusa de maíz	<i>P. ostreatus</i>	74.7	Villa Cruz, 1999
Aserrín de pino (suplementado con salvado de arroz)	<i>P. ostreatus</i>	44.8	Hashimoto y Takahasi, 1974

Tabla 3 Valores promedios de temperatura y humedad relativa durante la colonización y la fructificación

PARÁMETROS	COLONIZACIÓN	FRUCTIFICACIÓN
HUMEDAD RELATIVA(%)	63.70	73.85
TEMPERATURA(°C)	25.0	18.4
DÍAS DE DURACIÓN	18	43

Tabla 4 . Formación de primordios a partir de la inoculación de las cepas evaluadas en pulpa de café *Coffea arábica*.

CEPAS	FORMACIÓN DE PRIMORDIOS (DÍAS)			
	1os.	2os.	3os.	4os.
1	21	32	56	0
2	25	48	0	0
3	20	29	35	50
4	25	30	-	-
5	20	28	50	0
6	-	-	-	-
7	21	31	44	0

Tabla 5 . Producción promedio de cuerpos fructíferos obtenidos en pulpa de café *Coffea arábica* con las cepas estudiadas.

CEPAS	COSECHAS g y (%)				TOTAL g
	1ra	2da	3ra	4ta	
1	585.4(66.4)	164.7(18.7)	130.9(14.9)	0	881.0
2	107.5(74.8)	36.2(25.2)	0	0	143.7
3	178.8(28.0)	269.1(42.1)	78.5(12.3)	113.0(17.6)	639.4
4	484(57.4)	220(26.1)	107.1(12.7)	31.4(4.7)	842.5
5	188.9(46.0)	152.3(37.0)	70.1(17.0)	0	411.3
7	436.9(45.0)	418.8(43.1)	115.6(11.9)	0	971.3

Tabla 6. Morfología de las setas obtenidas

CEPAS	DIÁMETRO DE LAS OREJAS	COLOR	TEXTURA
1	8.97 CM	CAFÉ CLARO	CARNOSA
2	6.9 0CM	BLANCO AMARILLENTO	COREÁCEA
3	9.30 CM	BLANCO	CARNOSA
4	7.5 0CM	BLANCO	CARNOSA
5	5.62 CM	BLANCO	CARNOSA
6	-	-	-
7	9.1 0CM	CAFÉ OSCURO	CARNOSA

Tabla 7 . Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción de las diferentes cepas sobre pulpa de café *Coffea arábica*.

CEPAS	EFICIENCIA BIOLÓGICA %	RENDIMIENTO %	DÍAS DE PRODUCCIÓN	TASA DE PRODUCCIÓN %
1	204.36	58.73	61	3.35
2	33.17	9.58	54	0.61
3	148.31	42.62	55	2.70
4	168.5	42.00	-	-
5	95.40	27.42	55	1.73
7	225.30	64.75	50	4.50

Tabla 8 Composición bromatológica de las setas obtenidas (%base seca)

ANÁLISIS	CEPA 1	CEPA 3	CEPA 4	CEPA 5	CEPA 7
CARBOHIDRATOS SOLUBLES	4.54	4.98	4.91	6.79	4.32
AZÚCARES REDUCTORES	6.85	3.2	-	4.8	6.35
POLIFENOLES($\times 10^{-3}$)	13.0	12.0	38.0	12.0	13.1
ÁCIDOS NUCLEICOS	2.39	2.20	5.90	-	2.34

Tabla 9 Composición bromatológica de los sustratos(% base seca)

ANÁLISIS	PULPA DE CAFÉ	COCO	TRIGO	VIRUTA DE MADERA
HUMEDAD	8.6	8.7	3.4	8.4
MATERIA SECA	91.4	91.3	-	91.6
CENIZAS	12.82	3.25	1.67	1.23
MATERIA ORGÁNICA	78.57	80.04	-	90.30
PROTEÍNA BRUTA	16.40	2.85	10.4	0.67
C/N	17	103	33	523
FIBRA BRUTA			-	
GRASA	0.70	0.85	4.18	1.18
CARBOHIDRATOS SOLUBLES	0.13	0.38	-	0.13
AZÚCARES REDUCTORES	4.8	17	-	9.5
CAFEÍNA	1.88	7.59	-	2.89
POLIFENOLES	0.087	0.022	-	0.017

Tabla 10 Cultivo de *Pleurotus ostreatus* f. sp. florida (3024) sobre mezcla de cáscara de coco y pulpa de café.

SUSTRATOS	PRECOCIDAD (DÍAS)	PESO SECO (KG.)	EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)	RENDIMIENTO (%)	TASA DE PRODUCCIÓN %
CÁSCARA DE COCO	14	0.465	101.2 ± 50.4	31.2 ± 15.6	2.25
PULPA DE CAFÉ	24	0.375	159.8 ± 29.7	39.9 ± 7.4	0.87
CÁSCARA DE COCO + PULPA DE CAFÉ (1:1)	18	0.420	113.9 ± 36.5	31.9 ± 10.2	2.53
CÁSCARA DE COCO + PULPA DE CAFÉ (3:1)	18	0.442	110.6 ± 7.1	32.6 ± 2.1	2.46

Tabla 11 Cultivo de *Pleurotus ostreatus* f. sp. florida (3024) sobre cáscara de coco y viruta de madera suplementadas con trigo.

SUSTRATOS	PRECOCIDAD (DÍAS)	PESO SECO (KG.)	EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)	RENDIMIENTO (%)	TASA DE PRODUCCIÓN (%)
CÁSCARA DE COCO	20	0.31	90.0	30.0	1.43
VIRUTA DE MADERA	20	0.31	67.3	20.9	1.07
CÁSCARA DE COCO + TRIGO (2:1)	30	0.42	76.3 ± 25.1	21.4 ± 7.0	1.21
VIRUTA DE MADERA + TRIGO (2:1)	35	0.42	84.5 ± 56.1	23.7 ± 15.7	1.34

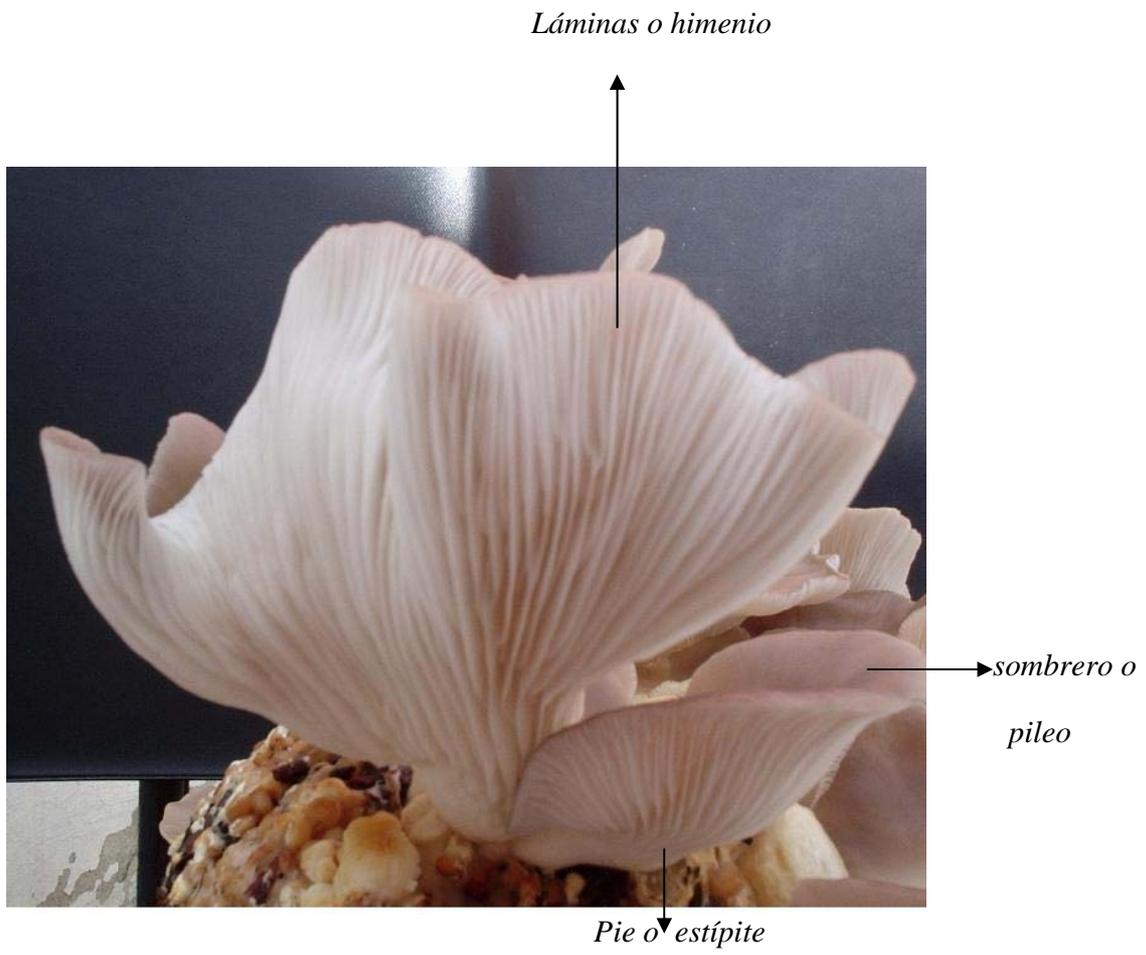


Fig. 1 Estructura morfológica de los hongos “ostra”



Figura 2 . Cepa 1 cultivada en pulpa de café.



Figura 3 . Cepa 2 cultivada en pulpa de café.



Figura 4 . Cepa 3 cultivada en pulpa de café.



Figura 5 . Cepa 4 cultivada en pulpa de café.



Figura 6 . Cepa 5 cultivada en pulpa de café.



Figura 7 . Cepa 7 cultivada en pulpa de café.



Figura 8 . Cepa 1 cultivada en viruta de cedro.



Figura 9 . Cepa 7 cultivada en viruta de cedro.



Figura 10. Cepas 1y 7 cultivadas en mezclas de viruta de cedro y pulpa de café (1:1).



Figura 10. Cepas 1y 7 cultivadas en mezclas de viruta de cedro y pulpa de café (1:1).