



---

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS IZTACALA"

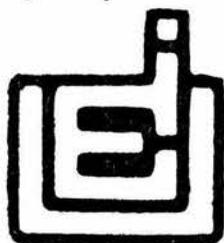
CULTIVO DE TRES CEPAS COMERCIALES DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer SOBRE LOS SUBPRODUCTOS DEL BENEFICIADO DE CAFE (PULPA, CAPULIN Y PERGAMINO)

T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA POR  
LETICIA VAZQUEZ SANCHEZ

B01133/95  
200 1131 61  
V. 1131-176



*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer



LOS REYES IZTACALA, 1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
" CAMPUS IZTACALA"

CULTIVO DE TRES CEPAS COMERCIALES DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus*  
*ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer SOBRE LOS SUBPRODUCTOS DEL  
BENEFICIADO DE CAFE (PULPA, CAPULIN Y PERGAMINO)

T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA POR  
LETICIA VAZQUEZ SANCHEZ

LOS REYES IZTACALA, 1995

A DIOS...

PORQUE POR ÉL SOY.

A MIS PADRES.

YOLANDA Y CLEMENTE

A MIS HERMANOS.

GERARDO  
GREGORIO  
ROCIO  
GABRIELA  
ALMA YOLANDA

A MI TIA LUCIA  
A LA MEMORIA DE MI ABUELITA GREGORIA

A TODA LA FAMILIA

A TODOS LOS QUE DE UNA U OTRA MANERA CONTRIBUYERON PARA QUE ESTE  
TRABAJO LLEGARA A SU FIN.

A LOS SINODALES ASIGNADOS:

BIOL. MARIA GUADALUPE OLIVA MARTINEZ

IBQ. MARIA EUGENIA GARIN AGUILAR

DR. VICTOR RIVERA AGUILAR

IBQ. GUSTAVO VALENCIA DEL TORO

BIOL. IRENE FRUTIS MOLINA

DIRECTOR: IBQ. MARIA EUGENIA GARIN AGUILAR

Así como a los biólogos Rocio José Jacinto, Felipe Correa Sánchez, Martín Orozco Villa, Lic. Maria Eugenia Negrín Muñoz y a Daniel Candarabe Camacho, les expreso mi agradecimiento por su colaboración en la revisión y estructuración de este trabajo.

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología y Etnobotánica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales " Campus Iztacala " de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección del IBQ. Maria Eugenia Garín Aguilar, la asesoría del IBQ. Gustavo Valencia del Toro y la colaboración del Biol. Sergio González Vázquez del Mercado.

## INDICE

	Página
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE FOTOGRAFIAS	vii
I. RESUMEN	viii
II. INTRODUCCION	1
2.1. ANTECEDENTES	1
2.2. SUSTRATOS UTILIZADOS PARA EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE <i>Pleurotus ostreatus</i> EN MEXICO	2
2.3. UBICACION TAXONOMICA DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	5
2.4. VALOR NUTRITIVO DEL HONGO COMESTIBLE: <i>Pleurotus ostreatus</i>	7
2.5. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO SUSTRATO PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES	9
2.6. SUBPRODUCTOS AGRICOLAS DEL CAFE COMO NUEVOS SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE <i>Pleurotus         ostreatus</i>	12
2.6.1. PROCESAMIENTO DEL CAFE	14
2.6.2. DESECHOS IMPORTANTES DEL BENEFICIADO HUMEDO	15
III. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.1.1. OBJETIVOS PARTICULARES	18
IV. MATERIALES Y METODOS	19
4.1. CEPA FUNGICA	20
4.2. PROPAGACION VEGETATIVA	20
4.3. PREPARACION DEL INOCULO DE GRANO	21

4.4. PREPARACION DEL SUSTRATO	21
4.4.1. MATERIALES: SUSTRATOS EMPLEADOS	21
4.4.2. TRATAMIENTO DEL SUSTRATO	22
4.5. INOCULACION DEL SUSTRATO	22
4.6. FASE OSCURA Y FASE DE LUZ	23
4.7. COSECHA	24
4.8. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA BIOLOGICA	24
4.9. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LOS HONGOS PRODUCIDOS Y DE LOS SUSTRATOS EMPLEADOS EN EL CULTIVO	24
4.9.1. DETERMINACION DE HUMEDAD	24
4.9.2. DETERMINACION DE PROTEINAS	25
4.9.3. DETERMINACION DE GRASAS	26
4.9.4. DETERMINACION DE FIBRA CRUDA	27
4.9.5. DETERMINACION DE CENIZAS	27
 V. RESULTADOS	 29
5.1. COMPARACION DE LAS EFICIENCIAS BIOLOGICAS	29
5.2. VALORES DE LOS CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LAS CEPAS LEBEN, INIREB-8 Y PLEUS EN LOS CUATRO SUSTRATOS ESTUDIADOS, PAJA DE TRIGO, PULPA DE CAFE, CAPULIN Y PERGAMINO	40
 VI. DISCUSION	 46
 VII. CONCLUSIONES	 53
 VIII. RECOMENDACIONES	 55
 IX. BIBLIOGRAFIA	 57
 X. APENDICES	 
I. DESCRIPCIÓN Y CICLO DE VIDA DE <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer	64
II. VALORES DE SIGNIFICANCIA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	68

## LISTA DE CUADROS

		página
01	Sustratos que se han utilizado en México a partir de 1984 para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	4
02	Valores bibliográficos reportados para los constituyentes químicos de <i>Pleurotus ostreatus</i> . Fuente: Valencia del Toro, 1994	8
03	Contenido de las vitaminas más importantes presentes en <i>Pleurotus ostreatus</i> . Fuente: Bano y Rajarathnam, 1982	8
04	Contenido de minerales de <i>Pleurotus ostreatus</i> . Fuente: Bano y Rajarathnam, 1982	8
05	Contenido de aminoácidos en <i>Pleurotus ostreatus</i> . Fuente: Bano y Rajarathnam, 1982	9
06	Polisacáridos constituyentes de diferentes residuos agroindustriales. Fuente: Aguilar <i>et al.</i> , 1982	11
07	Comparación de las eficiencias biológicas de la cepa LEBEN con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino	29
08	Comparación de las eficiencias biológicas de la cepa INIREB-8 con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino	30
09	Comparación de las eficiencias biológicas de la cepa PLEUS con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino	30
10	Comparación de las eficiencias biológicas (expresadas en porcentajes) de las tres cepas, respecto a los cuatro sustratos utilizados en el estudio	31
11	Promedios de ancho y largo (cm) del pileo de las cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS cultivadas en los cuatro sustratos estudiados	37
12	Comparación de los valores de los constituyentes químicos presentes en los carpóforos de las tres cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado sobre los sustratos estudiados	40
13	Análisis de varianza de una vía de los porcentajes de eficiencia biológica para cada uno de los cuatro sustratos con respecto a las tres cepas estudiadas	68

14	Análisis de varianza de una vía de los porcentajes de eficiencia biológica para cada una de las tres cepas con respecto a los los cuatro sustratos estudiados	68
15	Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, con las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con respecto a la determinación de humedad	69
16	Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con los cuatro sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino respecto a la determinación de humedad	69
17	Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, con las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con respecto a la determinación de proteínas	70
18	Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con los cuatro sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino respecto a la determinación de proteínas	70
19	Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, con las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con respecto a la determinación de grasas	71
20	Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con los cuatro sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino respecto a la determinación de grasas	71
21	Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, con las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con respecto a la determinación de fibra cruda	72
22	Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con los cuatro sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino respecto a la determinación de fibra cruda	72
23	Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, con las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con respecto a la determinación de cenizas	73
24	Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con los cuatro sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino respecto a la determinación de cenizas	73

## LISTA DE FIGURAS

	página	
01	Corte transversal del fruto del cafeto Fuente: Compiani, 1990	13
02	Diagrama de flujo de la metodología utilizada	19
3a	Porcentaje de eficiencias biológicas de las tres cepas empleadas en los cuatro sustratos estudiados	32
3b	Porcentaje de eficiencias biológicas de los cuatro sustratos estudiados en las tres cepas empleadas	32
04	Temperaturas máximas y mínimas registradas durante el desarrollo de los hongos	33
05	Comportamiento de la humedad relativa registrada durante el desarrollo de los hongos	34
06	Tiempo de aparición de los primordios de las tres cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos	35
07	Registros del ancho (cm) del pileo de las tres cepas cultivadas en los cuatro sustratos	36
08	Registro del largo (cm) del pileo de los hongos obtenidos de las cepas cultivadas en los cuatro sustratos	36
09	Porcentajes de la humedad registrada para cada una de las tres cepas estudiadas, cultivadas en los cuatro sustratos	43
10	Porcentajes de proteínas registradas para cada una de las tres cepas estudiadas, cultivadas en los cuatro sustratos	43
11	Porcentajes de grasa registradas para cada una de las tres cepas estudiadas, cultivadas en los cuatro sustratos	44
12	Porcentajes de fibra cruda registradas para cada una de las tres cepas estudiadas, cultivadas en los cuatro sustratos	44

13	Porcentajes de cenizas registradas para cada una de las tres cepas estudiadas, cultivadas en los cuatro sustratos	45
14	Ciclo de vida de <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer	66

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

		página
01	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer	6
02	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer, cepa INIREB-8 cultivada sobre paja de trigo	38
03	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer, cepa LEBEN cultivada sobre pulpa de café	38
04	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer, cepa PLEUS cultivada sobre el sustrato capulín	39
05	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer, cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS cultivadas sobre el sustrato pergamino	39

## I. RESUMEN

El cultivo de los hongos comestibles representa en la actualidad una opción importante para satisfacer en gran medida, las necesidades proteínicas y nutricionales de los países subdesarrollados, debido a su bajo costo de producción, alto contenido proteínico y obtención en grandes cantidades en un lapso corto de tiempo; por lo cual, una forma de optimizar la producción de hongos frescos por cantidad de sustrato es a través de la selección de cepas que de alguna manera muestren mejores rendimientos.

En el presente estudio, se analizaron las eficiencias biológicas de tres cepas comerciales de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer cultivadas en cuatro sustratos diferentes (paja de trigo-utilizado por ser un sustrato convencional-, pulpa de café, capulín y pergamino), a partir de los resultados obtenidos se seleccionó la que presentó características importantes para una mayor producción comercial del basidiomiceto, determinando también cual sustrato presentó el mayor rendimiento.

Con el fin de establecer la composición y aspecto físico de los hongos producidos, se realizó el análisis químico proximal; porcentajes de humedad, cenizas, proteínas, grasas y fibra cruda, y el registro de tamaño del pileo y el peso de los mismos. Por otro lado, determinó los porcentajes de humedad de los sustratos. El registro del peso fresco de los hongos producidos así como la determinación de la humedad del sustrato fueron indispensables para calcular la eficiencia biológica.

De las tres cepas empleadas, las cepas comerciales LEBEN y PLEUS fueron las que presentaron una mejor fuerza degradativa del sustrato; siendo la pulpa de café el sustrato sobre el cual desarrollaron más rápidamente los primordios y presentaron sus mejores eficiencias biológicas, 164.8 y 197.1 % respectivamente. De acuerdo con los análisis bromatológicos se encontró que los cuerpos fructíferos obtenidos de las tres cepas están dentro de los establecido por otros autores.

## II. INTRODUCCION

En fechas recientes se ha puesto especial atención a la búsqueda de nuevas fuentes de alimentos tanto a nivel nacional como mundial; dos de las prioridades de nuestro país son la producción de alimentos y las sustitución de importaciones con productos nacionales, para satisfacer estas necesidades es indispensable el desarrollo de tecnologías que permitan la transformación de nuestros recursos naturales para tratar de aprovecharlos al máximo, incluyendo la utilización de materiales que antes se consideraban como desperdicios o que tenían muy poco uso; entre estos materiales figuran los desechos agroindustriales tales como pajas, cáscaras, bagazos y entre otros los utilizados en el proceso del beneficiado del café.

En México una de las mejores alternativas para producir alimentos de contenidos altos en proteínas y vitaminas a partir de materiales de desecho, es el cultivo de los hongos comestibles del género *Pleurotus*, ya que utilizan residuos agroindustriales como sustrato para su crecimiento; además de su valor proteico presenta altos rendimientos en pequeñas áreas y la obtención de una biomasa significativa en cortos periodos y a bajo costo, su aceptación se a generalizado como alimento de alta calidad, sabor y valor nutritivo. (Chang , 1982; de la Torre, 1985; Gómez-Ramírez, 1987; Martínez-Carrera, 1983)

### 2.1. ANTECEDENTES.

Desde hace mucho tiempo en la historia primitiva del hombre, ya se conocían gran variedad de especies de hongos comestibles, por lo cual han jugado un papel muy importante en la dieta de muchos pueblos (Chang, 1972). En México estas evidencias que datan de épocas prehispánicas, quedan plasmadas en códices indígenas; los de la etapa colonial, a través de las descripciones de soldados y misioneros españoles del siglo XVI y los de finales del siglo XIX y principios del XX, mediante los trabajos de algunos naturalistas extranjeros (Villareal y Pérez-Moreno, 1989).

Los hongos han constituido parte de la alimentación del hombre a través de casi toda su historia; los japoneses aprendieron hace siglos la técnica para cultivar *Lentinus edodes* (Fr.) Fr. conocido popularmente como shii-take, los franceses hicieron los primeros intentos de producir comercialmente *Agaricus campestris* (L. ex Fr.) en el siglo XVIII (Nahón, 1981). Los pioneros en la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer sobre desperdicios lignocelulósicos tales como paja de arroz

o desperdicios de palma aceitera fueron los asiáticos (Chang, 1978). En Europa, el cultivo de *Pleurotus* sp. sobre tocones de árboles fue descrito por primera vez a principios del siglo XX, y en 1916 especies del género *Pleurotus* se habían cultivado en madera. Con el objeto de estudiar el ciclo de vida de los hongos superiores, Etter, en 1929 cultivó *Pleurotus* en una mezcla de harina de maíz y almidón de maíz con un poco de aserrín de pino y malta. Sin embargo, los primeros registros formales del cultivo del *Pleurotus* datan de 1935, por Kaufert; Block *et al.* en 1958 y Kedyk & Smotlachová en 1959 quienes introdujeron la innovación importante al cultivar dicho hongo sobre aserrín y medio composteado; Bano y Srivastava en 1962, Schanel *et al.* en 1966 y Herzig *et al.* en 1968, llevaron a cabo la primera producción masiva de *Pleurotus* en un sustrato a base de paja. En 1978, Cullen y Steinkraus demostraron que *Pleurotus ostreatus* también puede crecer en papel suplementado con 5% de carbonato de calcio (en base seca). La producción industrial del sustrato y carpóforos fué desarrollada por Junková (1971), Stanek y Rysavá (1971), Heltay *et al.* (1971), Zadrazil y Schneiderei (1972), Zadrazil (1973) y Kalberer y Bogel (1974). (En Gómez-Ramírez, 1987).

Actualmente el cultivo de los hongos comestibles es una actividad que se desarrolla ampliamente en diversas partes del mundo, como Estados Unidos, Europa y el sureste de Asia (Chang y Hayes, 1978). En América Latina fué hasta 1984 que el cultivo de los hongos comestibles comenzó a desarrollarse, a pesar de la potencialidad que existe en la región para cultivar especies que se desarrollan de manera silvestre y de la enorme tradición etnomicológica para el consumo de los hongos comestibles. (Gómez-Ramírez, 1987).

## 2.2. SUSTRATOS UTILIZADOS PARA EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* EN MEXICO.

Los sustratos que en México se han utilizado para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* son: el agua de coco (cultivo sumergido) sobre papel periódico y sobre una mezcla de aserrín de pino (*Pinus* sp.) con paja, estudio realizado por Nahón en 1981, estos estudios han sido a nivel laboratorio. En 1982 Hirata y Cuesta-Marín utilizaron troncos de encino (*Quercus* sp.) y cazahuate (*Ipomea arborea*). En 1984 Martínez *et al.* usaron como sustrato pulpa fresca de café (*Coffea arabica* L.) en donde alcanzaron una eficiencia biológica de 113.35 %. Martínez-Carrera *et al.* en 1985 emplearon una mezcla a base de pulpa de café y paja de cebada (2:1) donde se obtuvo una eficiencia biológica de 102.68 %; en el mismo año Martínez-Carrera *et al.* lograron obtener una eficiencia biológica de 132 % sobre pulpa de café fermentada. En 1985 Ornelas utilizó como sustrato aserrín de encino y pino. Martínez-Carrera *et al.* en 1985 emplearon hojas de desecho usadas en la extracción de aceites esenciales y obtuvieron eficiencias biológicas de 113.01 % en hojas de zacate de limón (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.), 81.85 % en las

hojas de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Nees) y 56.79 % en las hojas de pimienta negra (*Piper nigrum* L.). Ramírez utilizó en el mismo año el bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) como sustrato. Guzmán-Dávalos *et al.* en 1987 usaron bagazo de maguey (*Agave tequilana* Weber) y obtuvieron una eficiencia biológica de 60.2 %; en el mismo año Guzmán-Dávalos *et al.* utilizaron bagazo de caña de azúcar con la que alcanzaron una eficiencia biológica de 49.08 %. Martínez-Carrera en 1987 utilizó pulpa de café fermentada y logró una eficiencia biológica de 59.9 %. Soto *et al.* emplearon en el mismo año pulpa de café secada al sol cuya mayor eficiencia biológica fue de 152.70 %. Morales también en el mismo año logró obtener una eficiencia biológica de 113.64 % al emplear la pulpa de cárdamo (*Elettaria cardamomum*) como sustrato. En 1988 Acosta-Urdapilleta *et al.* emplearon tamo de maíz (*Zea mays* L.), olote de maíz y bagazo de caña de azúcar como sustratos, obteniendo eficiencias biológicas de 186 %, 50 % y 15.7 % respectivamente. Martínez-Carrera *et al.* en 1988 utilizaron diversas cepas de *Pleurotus ostreatus* y lograron una eficiencia biológica de 138.13 % en pulpa de café con la cepa INIREB-21, mientras que para la cepa INIREB-26 la eficiencia biológica fue de 96.04 % en paja de cebada. Soto-Velazco en 1988 empleó bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo (*Triticum aestivum*) con el cual logró una eficiencia biológica de 96.4 %. En 1990 Martínez-Carrera *et al.* utilizaron como sustrato bagazo de caña solo, bagazo de caña enriquecido con paja de cebada y bagazo de caña enriquecido con pulpa de café, donde alcanzaron eficiencias biológicas de 14.15 %, 65.05 % y 96.96 % respectivamente. En este mismo año Valencia del Toro *et al.* utilizaron lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como sustrato para el cultivo de la cepa LEBEN, alcanzando eficiencias biológicas de 47 % para lirio completo, 39 % en bulbo y raíz. de León-Chocooj, en el mismo año cultivo el hongo sobre lirio acuático obteniendo una eficiencia biológica de 170.67 %. Valencia del Toro *et al.* en 1995 obtuvieron con paja 58.90 % y con la mezcla paja-pasto un 89.90%, utilizando la cepa LEBEN. En 1995 Esparza-Martínez cultivó la cepa LEBEN sobre rastrojo de maíz obteniendo eficiencias biológicas de 75.60%. En el cuadro 1 se presentan los trabajos que sobre cultivo de *Pleurotus* en diferentes sustratos se han utilizado en México desde 1984.

CUADRO 1. Sustratos que se han utilizado en México a partir de 1984 para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

AÑO	AUTOR	SUSTRATO UTILIZADO	% EFICIENCIA BIOLÓGICA
1984	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa fresca de café	113.35*
1985	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa de café y paja de cebada, mezcla (2:1)	102.68*
1985	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa de café fermentada	132.00*
1985	Omeles	Aserrín de pino y encino	
1986	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Hojas de zacate de limón Hojas de canela Hojas de pimienta negra	113.01* 81.85* 56.79*
1986	Ramírez	Bagazo de caña de azúcar	
1986	Soto-Velazco	Pulpa de café fermentada	132.10*
1987	Guzmán-Dávalos <i>et al.</i>	Bagazo de maguey	60.20* 64.70**
1987	Guzmán-Dávalos <i>et al.</i>	Bagazo de caña de azúcar	49.08* 51.05**
1987	Martínez-Carrera	Pulpa de café fermentada	159.95* 175.80** 128.12*** 113.01 118.36 115.01...
1987	Soto <i>et al.</i>	Pulpa de café secada al sol	152.70*
1987	Morales	Pulpa de cardamo	113.64
1988	Acosta-Urdapilleta <i>et al.</i>	Tamo de maíz Olote de maíz Bagazo de caña de azúcar	186.00 50.00 15.7
1988	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa de café Paja de cebada	138.13^ 96.04^^
1988	Soto-Velazco	Bagazo de maguey tequilero fermentado y paja de trigo	96.40*
1990	de León-Chocooj	Lirio acuático	170.69
1990	Valencia del Toro <i>et al.</i>	Lirio acuático completo bulbo y raíz	47 _ 39 _
1990	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Bagazo de caña Bagazo de caña y paja de cebada Bagazo de caña y pulpa de café	14.15" 85.05" 96.96"
1995	Valencia del Toro <i>et al.</i>	Paja Paja-pasto	58.90 _ 89.90 _
1995	Esparza-Martínez	Rastrojo de maíz	75.60 _

CEPAS INIREB- 6[ ], 4[ ], 38[ ], 46[ ], 47[ ], 48[ ], 21[ ], 26[ ], y la CEPA CP-15 [ ], la CEPA LEBEN [ ]

### 2.3. UBICACION TAXONOMICA DE *Pleurotus ostreatus*

De acuerdo con Alexópoulos *et al.* (1989) *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer se ubica en:

Reino: Fungi

División: Amastigomycota

Subdivisión: Basidiomycotina

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Holobasidiomycetidae

Orden: Agaricales—

Familia: Tricholomataceae —

Genero: *Pleurotus*

Especie: *Pleurotus ostreatus*

*Pleurotus ostreatus* (Apéndice I y Fotografía 1), es un hongo con sombrero liso, a veces algo escamoso hacia el centro o base; de 5 a 10 cm de ancho ( o hasta 15 cm) grisáceo o café grisáceo con tonos o reflejos matálicos. Sus láminas son blancas o rosa amarillento en seco, poco o nada unidas entre sí en la base; más o menos delgadas y con bordes lisos. No tiene pie o este es muy corto y mal definido. Carne blanca, carnosa-correosa, con olor y sabor agradables. Esporada color blanco. Crece en grandes conjuntos sobre troncos tirados o árboles en zonas tropicales, subtropicales o bosques de pino y encino; a veces sobre chopos, sauces y fresnos. Es uno de los hongos que más prosperan en residuos agroindustriales de México; se desarrolla abundantemente sobre la pulpa de café (en estas condiciones crece de manera silvestre en unas tres semanas); también crece sobre el bagazo de la caña de azúcar, en troncos de diversas plantas como "cazaguata" (*Ipomea arborea*) "izote" (*Yucca* sp) y en el henequén, entre otros materiales. (Guzmán, 1990; Martínez-Carrera *et al.*, 1984)

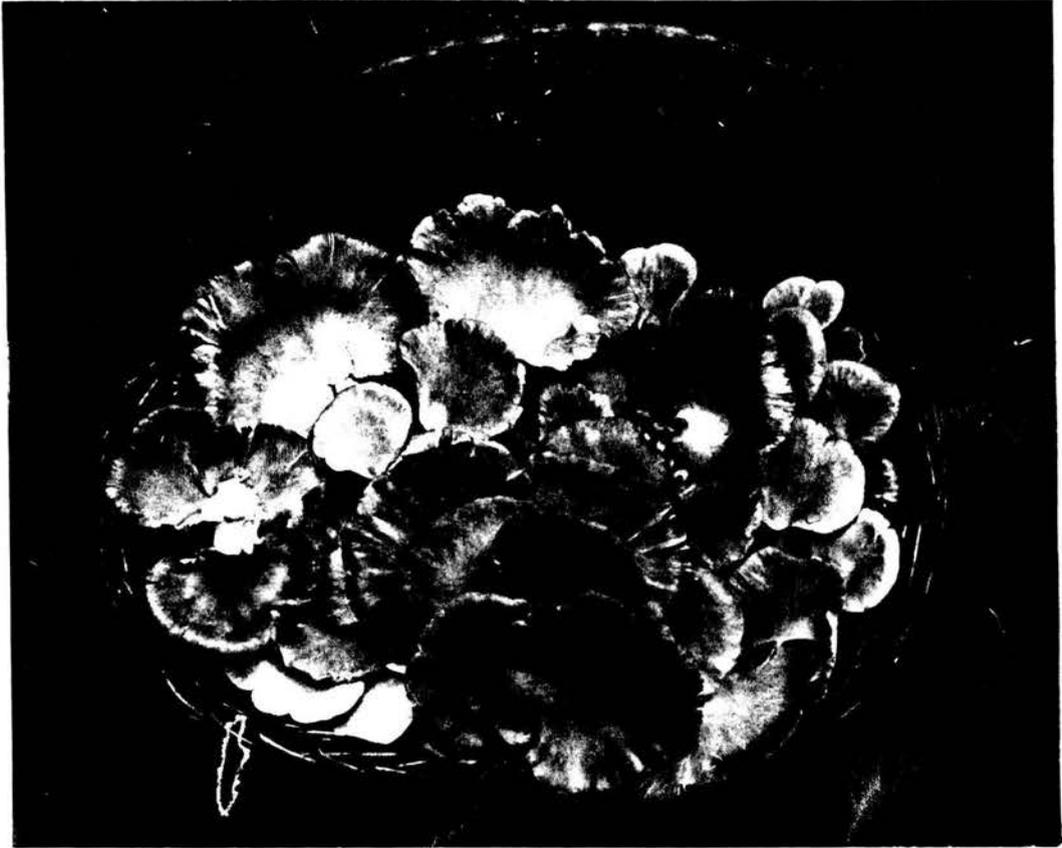


Foto: Valencia del Toro

FOTOGRAFÍA 1. *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer

#### 2.4. VALOR NUTRITIVO DE LOS HONGOS COMESTIBLES: *Pleurotus ostreatus*

Para determinar el valor nutritivo de un alimento cualquiera, por regla general se aplican varios parámetros; comúnmente su composición química proximal donde se determina la presencia y proporción de proteínas, carbohidratos, grasas, minerales; contenido de vitaminas y composición de aminoácidos de su proteína.

Los hongos comestibles presentan generalmente un alto contenido de humedad, el cual suele variar de 85 a 92 %, valor equivalente al de la mayoría de los vegetales. Las variaciones en el contenido de humedad dentro de una misma especie, en parte, se deben a las condiciones ambientales en que se desarrolla el hongo. (Leal-Lara, 1985)

En la proteína de *Pleurotus ostreatus*, los aminoácidos fenilalanina, alanina y glicina están presentes en una concentración mayor que sus valores respectivos en la proteína de huevo de gallina (Leal-Lara, 1985); la proteína es rica en lisina y leucina, aminoácidos deficientes en la mayoría de los granos básicos. Sin embargo, la metionina y la cistina aminoácidos presentes abundantemente en la carne, se encuentran en bajas cantidades. En general, el contenido de proteína de los hongos frescos, 3.62%, los sitúa en una posición intermedia entre los vegetales y los productos de origen animal. Del total de los aminoácidos presentes, 56.41% están comprendidos entre los esenciales. Los hongos contienen de 20 a 40 % de proteínas en base seca; de acuerdo con el patrón de la FAO en 1977, el contenido de los aminoácidos esenciales de los géneros *Agaricus* y *Pleurotus* está bien balanceado.

Del total de lípidos con que cuentan los carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, más del 80% son ácidos grasos insaturados y en particular, aproximadamente el 70% de estos es ácido linoleico (Khanna y Garcha, 1981). Además son ricos en vitaminas pues contienen vitamina B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>, C, D, niacina y ácido pantoténico, así como ácidos insaturados y un bajo contenido calórico. De hecho carecen de tiamina, pero ofrecen los demás vitamínicos mencionados. (Leal-Lara, 1985; Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1990). En el cuadro 2 se observan los valores reportados para los constituyentes químicos de *Pleurotus*, el cuadro 3 nos muestra el contenido de vitaminas presentes en *Pleurotus ostreatus*, en el cuadro 4 el contenido de minerales de *Pleurotus ostreatus* y en el cuadro 5 el contenido de aminoácidos presentes en *Pleurotus ostreatus*.

CUADRO 2. Valores bibliográficos reportados para los constituyentes químicos de *Pleurotus ostreatus*.

CONSTITUYENTE %	AUTORES Y AÑO		
	Valencia del Toro et al. 1995	Chang y Miles 1989	Bano y Rajarathnam 1982
Humedad	87.35 - 89.85	73.0 - 90.8	73.3
Proteínas	26.22 - 32.14	10.3 - 30.4	10.5
Grasas	3.42 - 7.90	1.6 - 2.2	1.6
Cenizas	3.91 - 6.58	6.1 - 9.8	6.1
Fibra cruda	6.97 - 10.15	7.5 - 8.7	7.5

CUADRO 3. Contenido de las vitaminas más importantes presentes en *Pleurotus ostreatus*

VITAMINAS	CONTENIDO (mg/100 g de peso seco)
Tiamina	1.1 - 4.8
Niacina	46.0 - 108.7
Acido Ascórbico	90.0 - 144.0
Vitamina B	1.4 (mg/kg de peso seco)

Fuente: Bano y Rajarathnam, 1982.

CUADRO 4. Contenido de minerales de *Pleurotus ostreatus*

MINERALES	CONTENIDO (mg/100 g de peso seco)
Calcio	33.0
Fósforo	1348.0
Potasio	3793.0
Hierro	15.2

Fuente: Bano y Rajarathnam, 1982.

CUADRO 5. Contenido de aminoácidos en *Pleurotus ostreatus*

AMINOACIDOS	CONTENIDO (g aminoácidos x 100 g proteína cruda)
Leucina	8.8
Isoleucina	4.2
Valina	5.1
Triptofano	1.3
Lisina	4.5
Treonina	4.6
Fenilalanina	3.7
Tirosina	3.0
Cistina	0.4
Metionina	1.5
Arginina	5.3
Histidina	1.7
Alanina	3.2
Acido aspártico	4.6
Acido glutámico	7.1
Glicina	1.5
Prolina	4.8
Serina	2.2

Fuente: Bano y Rajarathnam, 1982.

## 2.5. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO SUSTRATO PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES.

La utilización de desperdicios agrícolas, en los países en vías de desarrollo por medio de tecnologías que permitan aumentar la producción de alimentos básicos, adquiere una importancia cada vez mayor. En México la producción total anual de los principales residuos agrícolas fue en 1978, de aproximadamente 25 millones de toneladas. Cerca de la mitad de la biomasa total producida en la mayoría de nuestros cultivos permanece desaprovechada, lo que se traduce en la acumulación periódica de cantidades considerables de desperdicios vegetales; y si consideramos que los procesos de degradación natural no pueden funcionar con efectividad en las situaciones en que son producidos y

acumulados esos desperdicios agrícolas y forestales, estos llegan a convertirse en un peligro para el equilibrio ecológico. Una gran cantidad de desechos agroindustriales de tipo lignocelulósico, tales como los residuos de café y el bagazo de la caña de azúcar, derivados de recursos naturales renovables, han tenido una utilización muy limitada debido, principalmente, al desconocimiento de los métodos necesarios para su tratamiento y reutilización (Beristain y Young, 1985; Leal-Lara, 1985).

Los residuos agroindustriales integran el mayor volumen de desperdicios generados por la actividad humana. Los residuos de la cosecha de granos igualan o exceden el volumen del producto comestible; su producción en México arroja alrededor de 38 millones de toneladas por año, esto constituye una fuente de recursos renovables que es necesario utilizar. Debido a que los residuos generados usualmente representan una cantidad mucho mayor a la que puede ser reintegrada a la biósfera por procesos de degradación natural, o bien ser utilizada eficientemente en la localidad donde son producidos; estos desechos se tiran a los lagos, ríos y terrenos baldíos potencialmente agrícolas, dando lugar a fuentes de contaminación y a factores de insalubridad que alteran el equilibrio ecológico (de la Torre, 1985). Actualmente en varios países se han venido proponiendo diversas tecnologías tendientes a efectuar el tratamiento de estos residuos y procurar su empleo posterior (Beristain y Young, 1985).

Los desechos agrícolas de tipo lignocelulósico, están constituidos típicamente por los polisacáridos celulosa, hemicelulosa y lignina; el cuadro 6 muestra el contenido en por ciento de celulosa, hemicelulosa y lignina de algunos desechos agrícolas de tipo lignocelulósico. El contenido de celulosa va de 40 a 60%, el de hemicelulosa de 15 a 50% y el de lignina de 10 a 30%, dependiendo del tipo vegetal, del tejido y edad del mismo. La celulosa y la hemicelulosa son los componentes más abundantes en los materiales lignocelulósicos; la celulosa se considera, incluso, el material renovable más abundante en la biósfera. Se sugiere que la asociación de la celulosa con la lignina es en gran parte física, formando un sistema de entrecruzamiento de polímeros, la lignina actúa como material cementante por lo que impide el acceso de las enzimas a la celulosa y, de esta manera actúa como barrera física que obstaculiza la degradación (de la Torre, 1985; Leal-Lara, 1985).

CUADRO 6. Polisacáridos constituyentes de diferentes residuos agroindustriales.

COMPONENTE	RASTROJO DE MAZ (%)	CASCARILLA DE ARROZ (%)	BAGAZO DE CAÑA (%)	OLOTE DE MAZ (%)
CARBOHIDRATOS SOLUBLES	0.84	0.48	8.11	3.15
HEMICELULOSA	36.01	30.72	44.31	42.28
CELULOSA	28.18	19.42	26.89	17.74
LIGNINA	14.06	19.18	15.31	10.47
CENIZA	4.98	19.06	2.21	3.12
TOTAL	84.07	88.86	96.74	78.76

Fuente Aguilar *et al.*, 1982.

La lignina no sólo representa una fuente de carbono orgánico considerable sino que controla la degradación de gran parte de los vegetales. Constituye una barrera infranqueable para la utilización de la celulosa, debe ser degradada a compuestos más sencillos para que pueda ser utilizada por el medio y así reciclarse de manera adecuada en los ecosistemas. La lignina protege a los polisacáridos vegetales contra el ataque microbiano, por lo que sólo una parte es susceptible a la degradación biológica o química; ello se debe a que la mayoría de los microorganismos degradadores de polisacáridos no degradan satisfactoriamente los tejidos vegetales fibrosos, a menos que posean actividad lignolítica. No se conoce con exactitud el mecanismo preciso con que la lignina es degradada, pero se sabe que los hongos desempeñan un importante papel en la degradación de los vegetales, ya que son los únicos organismos que descomponen y metabolizan eficientemente la lignina. Los hongos que atacan la lignina se clasifican dentro de dos categorías: hongos de pudrición blanca y hongos de pudrición morena; debido a los cambios físicos causados, en la madera, por su acción. Los hongos de pudrición blanca son capaces de degradar la lignina completamente (Kirk, *et al.*, 1977).

Especialmente los hongos comestibles del género *Pleurotus* son capaces de degradar selectivamente lignina (compuesto de estructura cromófora que confiere coloración oscura al material lignocelulósico) así, al ir degradándola va quedando gran parte de la celulosa (que es blanca) visible, por lo que este hongo está clasificado dentro de los conocidos como de "pudrición blanca" (Zadrizal y Kurtzman, 1982).

## 2.6. SUBPRODUCTOS AGRICOLAS DEL CAFE (*Coffea arabica* L.) COMO NUEVOS SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*.

Como se ha indicado, entre los materiales susceptibles de ser utilizados como sustratos en el cultivo de hongos comestibles se encuentran los desechos del café. En nuestro país se generan al rededor de 690,249 toneladas por año de pulpa de café (Martínez-Carrera y Mata, 1988) y 80,954 toneladas de pajillas (Morales-Holguín, 1987).

El cultivo de café en México abarca una superficie de 560,000 hectáreas ubicadas en 3,000 comunidades de 12 estados de la República. En el periodo 1980-1989 el café representó un tercio del total de las exportaciones agrícolas. Se considera que está dentro de los seis primeros cultivos de importancia a nivel nacional (maíz, trigo, sorgo, frijol, caña y café). Las zonas con más altos rendimientos de producción cafetalera son Córdoba y Huatusco en el estado de Veracruz, y Xicotepec en el estado de Puebla; este último con un rendimiento de 350 Qq/ha. (Qq = quintal de café cereza = 245 kg de café pergamino) INMECAFE 89-90.

El café es un cultivo que constituye el producto más importante de exportación en México y aunque es indudable su rentabilidad desde el punto de vista económico, no sólo en México, sino en toda Latino América, el método utilizado para el tratamiento del fruto hasta la obtención del grano, ha tenido muy poca variación a través del tiempo desde que el café fue introducido por primera vez en México a principios de siglo. En nuestro país la forma de producción y procesamiento del café, ya sea en pequeños beneficios dentro de zonas cafetaleras o en beneficios industrializados cerca de los cafetales, provoca que la pulpa de café se genere en grandes cantidades y su aplicación sea nula (Gastón-Guzmán y Martínez-Carrera, 1985).

El fruto del cafeto es una drupa sincárpica bicarpelar de forma oval y color rojo azulado oscuro, por lo que se le ha llamado cereza de café. La figura 1 muestra las estructuras básicas del fruto de cafeto. Normalmente, la cereza contiene dos semillas (endosperma) envueltas por cuatro capas, que de afuera hacia adentro son:

a) EPICARPIO O PARED DEL FRUTO. Es la materia azucarada, rica en hidratos de carbono, y de almidón y taninos en estado verde; suele ser rojizo cuando está maduro; verde, amarillo o rosado durante el proceso de maduración, y castaño oscuro cuando seco. Se le conoce más comúnmente como pulpa y representa el 43% del fruto.

b) MESOCARPIO. Parte pegajosa y gelatinosa compuesta por sustancias pécticas, proteínas y ácidos pectínicos, que forman lo que comúnmente se conoce como mucílago o baba y representa parte del fruto en un 23%.

c) ENDOCARPIO, PERGAMINO O CASCABILLO. Capa tiesa protectora de la semilla, que está constituida por material celulósico resistente al desgarramiento cuando está seco y de color amarillo pajizo si ha sido bien lavado. Integrante del fruto en un 12.6 %.

d) ESPERMODERMO O PELICULA. Tejido muy delgado que cubre directamente a la semilla, presenta color gris plateado, rojizo o negro.

ENDOSPERMO. Es el grano del café que forma parte del fruto en un 18%, de color verde olivo, cuando contiene un 12% de humedad y está listo para ser torrefactado (Jacome-Opoch, 1980; Gómez-Andrade e Ibáñez-González, 1989).

En la figura 1 se muestra un corte transversal del fruto del cafeto para observar las capas que lo constituyen.

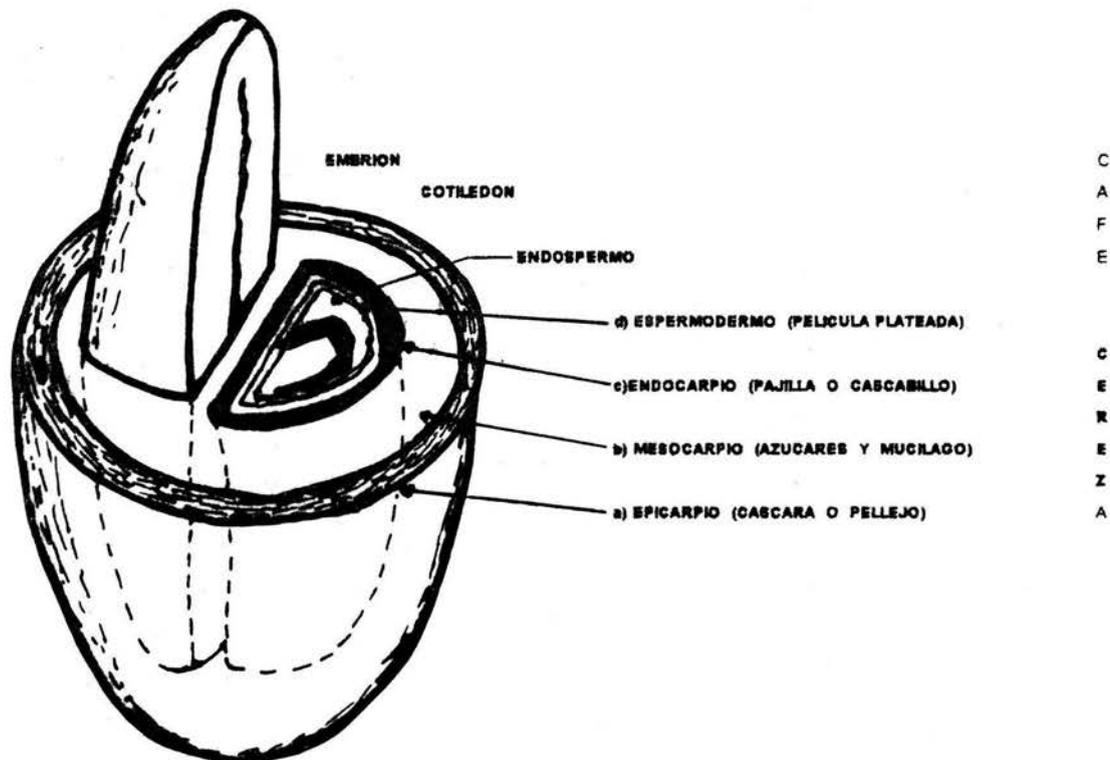


FIGURA 1. Corte transversal del fruto del cafeto. Fuente: Compiani, 1990.

## 2.6.1. PROCESAMIENTO DEL CAFE

A continuación se describe el proceso que recibe el sustrato, empleado en el presente estudio, debido a la importancia que presenta para la obtención de eficiencias biológicas altas.

El tratamiento del café implica diferentes operaciones que tienen como objetivo liberar el grano de café de los diferentes tejidos que lo cubren; a este proceso se le llama "beneficio" y es un proceso industrial para transformar el café cereza o capulín en un producto comercial posible de conservar, almacenar o transportar sin el riesgo de sufrir el deterioro que presentaría el fruto recién cortado, o bien dejarlo en condiciones de ser torrefactado o tostado (Compiani,1990).

El sistema de beneficio del café puede ser realizado mediante dos vías: húmeda y seca.

### VIA HUMEDA

El beneficiado húmedo es el proceso mediante el cual el café cereza pasa a ser café pergamino. El proceso comprende las siguientes etapas:

- Despulpado. Esto se logra a través de máquinas despulpadoras las cuales operan con agua para facilitar el desprendimiento de la pulpa.
- Remoción del mucilago. Para este fin los granos se transportan a tanques con agua donde se lleva a cabo la fermentación natural (no controlada).
- Lavado. Se lleva a cabo en lavadoras a contracorriente para eliminar restos de mucilago y los productos de la fermentación.
- Secado. Los granos se colocan en secadores rotatorios hasta presentar un contenido de 11 a 12% de humedad, que es el "punto de morteadado o trilla". Así se obtiene el café pergamino.

### VIA SECA

El beneficiado seco es el proceso por el cual el café pergamino pasa a café oro (café lavados). También se aplica para el proceso de transformación de café cereza a café capulín y de este a café oro (café

naturales). Este mecanismo no incluye el uso de agua; se realiza generalmente en regiones que carecen de agua y que muchas veces disponen de muy bajos recursos económicos. El proceso comprende las siguientes etapas:

- **Secado.** Una vez realizada la cosecha, las cerezas son extendidas en los patios de los plantíos para su secado al aire libre y al sol durante dos a tres semanas, durante las cuales son removidas constantemente para eliminar agua y azúcares; el secado también puede realizarse en no más de tres días en máquinas secadoras rotatorias. En ambos casos las cerezas adquieren un aspecto de pasas secas de color café oscuro o negro y cuando alcanzan un contenido de humedad de 12 %, la cereza puede romperse fácilmente por la presión de los dedos; esa es la señal de que ha llegado al "punto de trilla o marteado". En este momento el café recibe el nombre de café capulín.

- **Descascarillado, trillado o marteado.** Se lleva a cabo en máquinas marteadoras que desprenden la pulpa y la cascarilla juntas para obtener el llamado café verde o café oro (Nava-Salinas, 1990).

## 2.6.2. DESECHOS IMPORTANTES DEL BENEFICIADO HUMEDO

En nuestro país el proceso de beneficiado húmedo del café es el más usado. Este proceso tiene el inconveniente de producir gran cantidad de desechos orgánicos, siendo los más importantes la pulpa, el agua del despulpado, el agua de lavado de la fermentación y la cascarilla (SEDUE, 1990).

**PULPA:** en algunos beneficios se recolecta la pulpa, pero en la mayoría de estos no se cuenta aún con los dispositivos adecuados para su manejo y disposición. Sin embargo, la pulpa es el desecho potencialmente más molesto. La pulpa es un producto altamente contaminante a nivel biológico, ya que su degradación demanda una gran cantidad de oxígeno. Y existe la costumbre de arrojarla a los ríos u otras corrientes de agua lo que afecta severamente a la fauna silvestre.

**AGUA DEL DESPULPADO:** contiene relativamente una alta cantidad de sólidos sedimentables, azúcares, materia soluble y en general materia orgánica en abundancia, lo que la hace altamente contaminante.

**AGUA DE LAVADO DE LA FERMENTACION:** contiene muchos geles coloidales de pectina y otros productos, los cuales son comparativamente sustancias contaminantes menores.

**CASCARILLA:** el pergamino no es un desecho significativo, ya que generalmente no se tira al agua. Está formado principalmente por celulosa, se acostumbra usar como combustible.

En el período comprendido de 1986-1987 tan sólo en los cuatro principales estados productores de café: Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla, se obtuvo una producción aproximadamente de 690,249 toneladas de pulpa de café, lo que equivale al 90.3 % del total nacional de acuerdo con INMECAFE, 1987. La pulpa de café representa el 60 % de la cereza de café, mientras el 40 % restante está constituido por el grano y las capas que lo cubren.

Los desechos de la pulpa, cuyo monto total asciende a más de un millón de toneladas anuales, son tirados a los ríos o a terrenos potencialmente agrícolas y constituyen un grave problema de contaminación ambiental, pues imposibilitan el uso posterior del agua para el riego o el consumo humano y animal y limitan drásticamente el uso agrícola de los terrenos (Martínez-Carrera, *et al.*, 1984).

Por tal motivo el aprovechamiento de la pulpa de café ha recibido atención de diversos especialistas del mundo, en el sentido de buscar una forma de aplicación idónea para este desecho; sin embargo no se ha prestado interés a los desechos como la cascarilla del pergamino y a la cascarilla del café capulín "pajillas o cascabillo" obtenidos en el proceso de morteo, practicado durante el beneficio húmedo y seco, dicho proceso se realiza durante todo el año independientemente de la época de cosecha del café (entre los meses de agosto-septiembre a marzo-abril, dependiendo de la altitud y latitud de la zona donde se encuentre la plantación).

Los desechos del morteo o pajillas se amontonan fuera de las morteadoras en cantidades considerables, como se mencionó la producción de estos residuos es de 80,954 toneladas, tienen muy poca atención probablemente porque estos desechos no presentan el problema de fermentación de la pulpa, y como las pajillas están secas, en ocasiones se utilizan como combustible, otras son tiradas en terrenos para utilizarse como abono orgánico, y generalmente no se tiran a los ríos. Pero no todo el desecho es utilizado, por lo cual se sigue amontonando y en ocasiones se tira junto con la pulpa de café.

Es indiscutible el hecho de que tenemos que buscar más fuentes productoras de alimentos a bajo costo y en poco tiempo y que además esta producción no contribuya más al deterioro del ambiente. El cultivo de los hongos comestibles representa una buena opción para satisfacer en gran medida, las necesidades proteicas y nutricionales de la población que habita en los países subdesarrollados, en función de su bajo costo de producción, alto contenido proteico y obtención en grandes cantidades en un lapso corto de tiempo; además de que los subproductos arrojados del cultivo de hongos generalmente pueden ser usados como forraje o abono para las plantas (Martínez, *et al.*, 1984).

Es urgente y muy necesario encontrar un mecanismo idóneo que permita reciclar tales productos en los ecosistemas tratando, al mismo tiempo, de obtener un beneficio directo de los mismos.

Con base en los estudios referentes al aprovechamiento de los desperdicios lignocelulósicos, especialmente los producidos por el "beneficio" del café, que no tienen una aplicación o uso específico en gran parte de las zonas cafetaleras, convirtiéndose en un contaminante de los ecosistemas; y reconociendo la importancia que reviste cualquier línea de investigación concerniente a la utilización de residuos agroindustriales en la producción de hongos comestibles, en particular de *Pleurotus ostreatus*, mediante la selección de cepas comerciales que afrezcan mayor eficiencia biológica, se utilizaron la cepa mexicana INIREB-8, proporcionada por el Laboratorio de Cultivo de hongos Comestibles del Instituto de Ecología A. C. antes Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) de Xalapa, Veracruz, México; la cual se emplea para la producción comercial de hongos, seleccionada para el estudio debido a los buenos rendimientos que se obtienen al cultivarla en pulpa de café, ya que está adaptada a las regiones tropicales y subtropicales que caracterizan esa región (Martínez-Carrera, 1987). La cepa comercial LEBEN fue adquirida en la Compañía de Hongos Leben, S. de R. L. de C. V. de México, se reportan rendimientos en Valencia del Toro *et al.* (1993) y Esparza-Martínez (1995); finalmente la cepa comercial PLEUS (comunicación personal) que se ha venido trabajando en el laboratorio de etnobotánica y biotecnología de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Campus Iztacala" UNAM, de la cual no se han reportado eficiencias biológicas. Aunado a la intención de apreciar el valor químico y apariencia física de los carpóforos obtenidos mediante el cultivo sobre esos sustratos; este trabajo se fijó los siguientes objetivos.

### III. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad de utilizar los residuos del "beneficio" de café, específicamente las cascarillas de pergamino y capulín "pajillas o cascabillo", para el cultivo de las cepas comerciales LEBEN, INIREB-8 y PLEUS del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer.

Para cumplir el objetivo general se presentan los siguientes objetivos particulares.

#### 3.1.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- \* Determinar si existen diferencias en cuanto a las eficiencias biológicas de tres cepas comerciales de *Pleurotus ostreatus* INIREB-8, LEBEN y PLEUS inoculadas en paja de trigo, pulpa de café, cascarilla de capulín y cascarilla de pergamino.
- \* Evaluar a partir de las eficiencias biológicas, la cepa que presentó mayor producción de carpóforos para los distintos sustratos utilizados.
- \* Evaluar a partir de las eficiencias biológicas, el sustrato sobre el cual se presentó una mayor producción de carpóforos.
- \* Determinar la composición química proximal y el tamaño del pileo de los carpóforos producidos durante el cultivo sobre cada uno de los sustratos inoculados con las cepas en estudio.

#### IV. METODOLOGIA

A continuación se describe la metodología de trabajo utilizada, con el fin de alcanzar los objetivos planteados en el estudio.

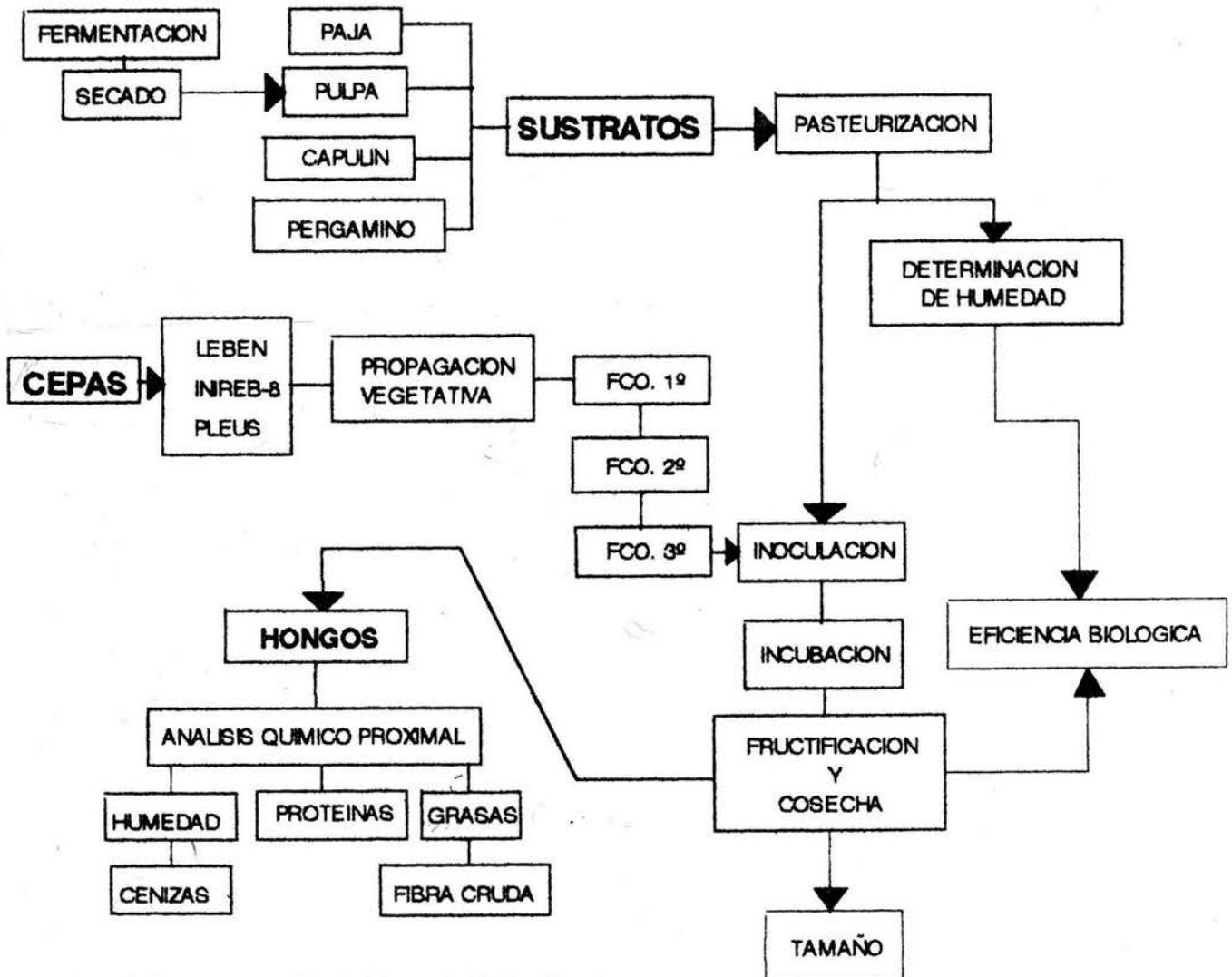


FIGURA 2. Diagrama de flujo de la metodología utilizada.

En este estudio se utilizaron cuatro sustratos que fueron inoculados con tres cepas de *Pleurotus ostreatus*, lo que hizo posible la formación de 12 grupos constituidos por cinco unidades experimentales cada uno. Los valores de eficiencia biológica fueron calculados considerando tres cosechas para cada uno de los sustratos y el análisis químico proximal que implicó la determinación en porcentaje de humedad, proteínas, grasa, fibra cruda y cenizas, se practicó por triplicado sobre muestras aleatorias de los carpóforos obtenidos. La determinación del tamaño promedio de los carpóforos se calculó para cada uno de los grupos. Con la finalidad de dar sustento estadístico a las evaluaciones antes descritas, se efectuaron análisis de varianza de una vía, para saber en primer término el comportamiento que presentaron las tres cepas frente a los cuatro sustratos y en segundo lugar el comportamiento de los cuatro sustratos sobre cada una de las cepas; se utilizó un nivel de significancia de 0.05 para los valores medios de cinco repeticiones para los porcentajes de eficiencia biológica y con  $n=3$  para los porcentajes de los constituyentes químicos. Este análisis se logró con el paquete estadístico SPSS (Ver apéndice II).

#### 4.1. CEPA FUNGICA

Para el presente trabajo se utilizaron tres cepas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer denominadas: INIREB-8, LEBEN y PLEUS.

#### 4.2. PROPAGACION VEGETATIVA

La propagación vegetativa es un método en el que a partir de un fragmento de tejido diferenciado o no, se obtiene tejido no diferenciado. Para este caso, el medio de cultivo de agar con extracto de malta se preparó colocando en un litro de agua destilada 33.6 gramos de polvo de agar con extracto de malta, disuelto por calentamiento; luego se le dejó hervir por un minuto.

El medio se esterilizó a  $1.05 \text{ kg/cm}^2$  por 15 minutos en una olla de presión. Una vez que el medio llegó a temperatura ambiente se vertieron aproximadamente 15 ml de este en cajas petri de vidrio. Después de solidificar el medio las cajas se colocaron en una incubadora por un período de tres días, para prueba de esterilidad; posteriormente las placas fueron inoculadas con cubos de agar con micelio, aproximadamente de un centímetro por lado, de cajas inoculadas anteriormente con las cepas INIREB-8, LEBEN o PLEUS. Las placas inoculadas se incubaron a  $27^\circ\text{C}$ , hasta que el crecimiento total del micelio fue alcanzado. El micelio crecido en estas placas de agar con extracto de malta se utilizó para el inóculo del grano de trigo.

#### 4.3. PREPARACION DEL INOCULO DE GRANO

Se llama inóculo de grano al micelio crecido en algún grano como trigo, centeno o mijo y que se utiliza para inocular el sustrato elegido para la fructificación o producción de carpóforos.

El inóculo de grano se preparó con trigo limpio. El grano se hidrató durante 24 horas, ya hidratado se colocó en frascos de vidrio, que fueron llenados hasta 3/4 partes aproximadamente. Posteriormente los frascos se esterilizaron durante 30 minutos a 1.05 kg/cm<sup>2</sup> y se dejaron enfriar a temperatura ambiente antes de ser inoculados con micelio crecido previamente en cajas petri.

Elaboración de "Fascos Primarios". Los fascos primarios se obtuvieron al inocular el grano de trigo con micelio de las cepas INIREB-8, LEBEN o PLEUS; colocando el micelio en frascos con grano de trigo estéril. Ya inoculados se incubaron a 25 °C hasta la invasión total del micelio sobre el grano o "semilla".

Elaboración de "Fascos Secundarios". Los fascos secundarios se obtuvieron al inocular grano de trigo estéril con la "semilla" de los fascos primarios. Una vez inoculados, los fascos se incubaron a 25 °C hasta la invasión total del micelio.

Elaboración de "Fascos Terciarios". Los fascos terciarios se obtuvieron mediante el mismo procedimiento empleado para obtener fascos secundarios, es decir, el grano de trigo estéril de los fascos terciarios fue inoculado con la "semilla" de los fascos secundarios.

#### 4.4. PREPARACION DEL SUSTRATO

##### 4.4.1. MATERIALES: SUSTRATOS EMPLEADOS

Los materiales lignocelulósicos empleados como sustrato para el cultivo de las tres cepas de *Pleurotus ostreatus* fueron:

**PULPA DE CAFE;** proporcionada por el beneficio de Las Colonias de Hidalgo, municipio de Huauchinango, Puebla, México.

**CASCARILLA "PAJILLA O CASCABILLO" DE PERGAMINO Y DE CAFE CAPULIN O BOLA;** proporcionados por una morteadora de café localizada en el municipio de Xicotepec de Juárez, Puebla, México.

**PAJA DE TRIGO;** adquirida en Tlalnepantla, Edo. de México.

#### 4.4.2. TRATAMIENTO DEL SUSTRATO

**PULPA DE CAFE: FERMENTADO Y SECADO DE LA PULPA DE CAFE.** La pulpa de café recién obtenida del proceso del beneficiado húmedo, en el pueblo de Las Colonias de Hgo., Puebla, se transportó a un patio en el cual se fermentó de acuerdo con el método propuesto por Martínez-Carrera *et al.*, (1985). Dicha fermentación consistió en apilar piramidalmente la pulpa por espacio de cinco días, cubriéndola con plástico negro para evitar la deshidratación y favorecer la fermentación. Una vez transcurrido este tiempo, el plástico se retiró y la pulpa se extendió en el patio, dejándola secar al sol, removiéndola cada tres o cuatro horas para permitir un secado homogéneo. Una vez seca, la pulpa se colocó en bolsas de polietileno para ser transportada al laboratorio.

**LA CASCARILLA DE CAFE PERGAMINO Y LA CASCARILLA DE CAFE BOLA O CAPULIN "PAJILLAS O CASCABILLOS".** Las cascarillas tanto de café pergamino como de café bola o capulín, obtenidas del proceso de marteado del café se adquirieron secas. Las pajillas se colocaron en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio sin ningún tratamiento.

**LA PAJA DE TRIGO.** Al igual que las pajillas de café, la paja de trigo se adquirió seca y se guardó en bolsas de polietileno para trasladarse al laboratorio; la paja de trigo fue cortada en fragmentos de aproximadamente 15 cm de longitud antes de ser utilizada. Se utilizó por ser un sustrato convencional.

#### 4.5. INOCULACION DEL SUSTRATO

La pulpa de café, la cascarilla de café pergamino y la cascarilla de café capulín a sí como la paja de trigo, cada una por separado, fueron sometidas a un proceso de pasteurización constante durante una hora dentro de un tanque metálico cilíndrico de 200 litros de capacidad.

Una vez pasteurizados, los sustratos se dejaron escurrir hasta que alcanzaron una temperatura aproximada de 30 °C, quedando listos para ser inoculados. Cuando los sustratos: pulpa de café, cascarilla de café pergamino, cascarilla de café capulín y la paja de trigo alcanzaron la temperatura indicada, se colocaron por capas en bolsas de polietileno de 30 x 50 cm, después de colocar una capa de sustrato se añadió "semilla" proveniente de los frascos de inóculo terciario hasta que las bolsas alcanzaron 2000 gramos en peso húmedo (se colocaron aproximadamente 300 gramos de "semilla" por 2000 gramos de sustrato en peso húmedo). Cuando se logró el peso señalado se cerraron las bolsas para evitar deshidratación y contaminación; y se etiquetaron. Posteriormente se colocaron en una cámara oscura para su incubación a una temperatura de 28 - 30 °C. Se prepararon cinco bolsas para cada uno de los tratamientos.

#### 4.6. FASE OSCURA Y FASE DE LUZ

##### A. Fase oscura.

La incubación de las bolsas se realizó dentro de una cámara oscura. Cuando el micelio del hongo empezó a invadir el sustrato, se practicaron pequeñas e irregulares perforaciones a las bolsas. A la aparición de los primordios, las bolsas se abrieron y las "pacas" se pasaron a la cámara fructificadora.

##### B. Fase de luz.

Al presentarse los primordios se eliminaron totalmente las bolsas de plástico; la "paca" o sustrato invadida por el micelio fué colocada sobre camas de malla cubiertas por plástico transparente (cámara clara), la cual utiliza además de la luz natural, luz artificial.

Para el desarrollo de los cuerpos fructíferos la cámara se mantuvo con una humedad relativa que variaba entre 50-90 %, la cual se midió con un higrómetro. Se proporcionó aereación suficiente por medio de un ventilador. Se procuró mantener la temperatura entre 15 y 29 °C; los periodos de luz mantenidos fueron de 12 horas.

#### 4.7. COSECHA

Se registró el tiempo de aparición de los primordios y aproximadamente después de una semana de permanecer las pacas en la cámara de luz, los cuerpos fructíferos fueron cortados hasta su base, antes de esporular. Se registró el peso húmedo y el tamaño ( largo y ancho ) de los cuerpos fructíferos u "hongos", cortados de tres cosechas consecutivas.

#### 4.8. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA BIOLOGICA

Al término de la tercera cosecha, se calculó la eficiencia biológica de cada una de las cepas de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en cada uno de los diferentes sustratos. Como en trabajos anteriores, con la eficiencia biológica se determinó la biomasa, estableciendo la relación porcentual que existe entre el peso fresco de los hongos producidos y el peso seco del sustrato empleado (Tchierpe y Hartman, 1977).

$$\text{EFICIENCIA BIOLOGICA} = \frac{\text{gramos de hongo fresco}}{\text{gramos de sustrato seco}} \times 100$$

#### 4.9. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LOS HONGOS PRODUCIDOS.

##### 4.9.1. DETERMINACION DE HUMEDAD EN HONGOS Y SUSTRATOS (González y Peñalosa, 1984)

Para determinar la humedad se pesaron en una balanza analítica 3 g de muestra, se realizaron tres replicas por muestra. Las muestras se colocaron en crisoles de porcelana puestos previamente a peso constante; posteriormente se metieron al horno a una temperatura de 100 - 110 °C durante 24 horas. Al término de este tiempo se dejaron enfriar para determinar su peso seco en una balanza analítica. La muestra se colocó nuevamente en el horno a 100 - 110 °C durante 10 horas. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se pesaron; esto se repitió hasta que la muestra alcanzara un peso constante.

Cálculo de % de humedad :

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(\text{g de muestra húmeda} - \text{g de muestra seca})}{\text{g de muestra húmeda}} \times 100$$

#### 4.9.2.DETERMINACION DE PROTEINAS EN HONGOS (González y Peñalosa,1984)

El método empleado para la determinación de proteínas fue el de Microjeldahl; se pesaron 50 mg de muestra seca en un matraz Kjeldahl, se agregaron un gramo de mezcla catalizadora y 2 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado. Los matraces se colocaron en un digestor hasta obtener una coloración verde cristalino. Los sólidos resultantes se disolvieron con la mínima cantidad de agua. El material digerido se transfirió a un matraz de destilación y se le agregaron 110 ml de agua y 20 ml de tiosulfato hidróxido; en el extremo del condensador se colocó un matraz Erlenmeyer de 125 ml el cual contenía 10 ml de ácido bórico al 4 % y dos gotas de indicador. El extremo del condensador quedó sumergido dentro de la solución. Se destiló hasta obtener 75 ml del destilado. El destilado se tituló con una solución valorada de HCl 0.02 N. El blanco se preparó siguiendo todo el procedimiento pero sin agregar muestra. Se realizaron tres repeticiones para cada muestra problema. Se calculó primeramente el porcentaje de nitrógeno total y una vez obtenido este, se procedió a calcular el porcentaje de proteína contenida en la muestra multiplicando el % de nitrógeno total por un factor de proteína para hongo.

Cálculo para obtener el % de nitrógeno total:

$$\% \text{ NITROGENO} = \frac{(\text{ml HCl gastados por el problema} - \text{ml HCl gastados por el blanco}) \times \text{N HCl} \times 0.014}{\text{g muestra seca}} \times 100$$

Donde:

N HCl = Normalidad del ácido clorhídrico (HCl)

0.014 = Constante para calcular el porcentaje de nitrógeno total

Cálculo para obtener el % de proteína:

% PROTEINA = % nitrógeno x 4.38 (factor para proteína de hongos)

#### 4.9.3. DETERMINACION DE GRASA EN HONGOS (González y Peñalosa, 1984)

Para la determinación de grasa se empleó el método de Goldfish y se utilizó un dispositivo que consta de un vaso conectado a un sistema de refrigeración. Dentro del vaso se colocó el portacartucho de vidrio con una perforación en el fondo, en el cual se introduce el cartucho de extracción a masa constante, que contenía cuatro gramos de muestra seca. Se agregó suficiente cloroformo de manera que no alcanzó a la muestra, es decir que el cloroformo no tocaba la muestra. Se adaptaron recipiente y vaso al sistema de refrigeración, se calentó y extrajo a las 4 horas. Se retiró el vaso con el cartucho, evaporándose el solvente y se pesó el cartucho. La diferencia en peso es la cantidad de grasa extraída. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento.

Cálculo de % grasa:

$$\% \text{ GRASA} = \frac{\text{g de grasa}}{\text{g de muestra seca}} \times 100$$

#### 4.9.4. DETERMINACION DE FIBRA CRUDA EN HONGOS

(González y Peñalosa, 1984)

Para obtener la fibra presente en las muestras, se pesaron 2 g de materia seca desengrasada, los cuales se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Se agregaron 200 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$  1.25%) y se agitó la muestra. Al matraz se le adaptó un condensador de reflujo. Se calentó el contenido del matraz hasta ebullición y se dejó hervir 30 minutos; al término de este tiempo se desconectó del condensador y dejó enfriar para filtrar el contenido en un embudo Buchner con vacío a través de papel filtro Whatman # 1, puesto previamente a peso constante. Se lavó con agua destilada hasta neutralizar el residuo. Posteriormente el papel con el residuo se colocó en la pared de un embudo amplio, dispuesto sobre un matraz Erlenmeyer de 500 ml para extraer el residuo con una espátula.

Por otro lado se calentaron 200 ml de Hidróxido de sodio (NaOH 1.25%) a 60 °C y se colocaron en un frasco lavador, con esta solución se lavaron las partículas adheridas al papel filtro. Se volvió a llevar a reflujo y posteriormente se desprendió el disco de papel filtro colocándose en una cápsula de porcelana para secarse al horno a una temperatura de 100 - 110 °C. A continuación se dejaron secar a temperatura ambiente; se pesaron en una balanza analítica y nuevamente se metieron a la estufa hasta que llegó a peso constante. El disco de papel filtro se pesó.

Cálculo de % de fibra cruda:

$$\% \text{ DE FIBRA CRUDA} = \frac{(\text{g de residuo seco} - \text{g residuo calcinado})}{(\text{g de muestra} + \text{grasa})} \times 100$$

#### 4.9.5. DETERMINACION DE CENIZAS EN HONGOS (González y Peñalosa, 1984)

Se pesaron 3 g de muestra seca en un crisol de porcelana, previamente puesto a peso constante, realizándose tres réplicas para cada muestra. Los crisoles se colocaron primeramente sobre una parrilla

para carbonizar las muestras. Posteriormente los crisoles se colocaron en la mufla a una temperatura de 600 °C; esta temperatura se mantuvo durante 30 minutos. Al término de este tiempo, se dejó que las muestras alcanzaran la temperatura ambiente y se pesaron en una balanza analítica, hasta peso constante.

Cálculo del % de cenizas :

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{\text{g de cenizas}}{\text{g de muestra seca}} \times 100$$

## V. RESULTADOS

### 5.1. COMPARACION DE LAS EFICIENCIAS BIOLOGICAS.

A continuación se presentan y describen los cuadros y las gráficas donde se observan los valores promedio del porcentaje de las eficiencias biológicas (%E.B.) obtenidos para tres cosechas, como se mencionó la eficiencia biológica se determinó estableciendo la relación porcentual que existe entre el peso fresco de los hongos producidos y el peso seco del sustrato empleado. Los datos son el promedio de cinco repeticiones realizadas para cada sustrato o tratamiento.

CUADRO 7. Comparación de las eficiencias biológicas de la cepa LEBEN con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino.

SUSTRATO	HUMEDAD (%)	PESO DEL SUSTRATO (g)		PESO DE LOS HONGOS EN CADA COSECHA (g)				EFICIENCIA BIOLOGICA (%)
		FRESCO	SECO	1	2	3	TOTAL	
PAJA DE TRIGO	85.0	2000	300	223.0	83.6	58.7	365.3	21.9 ± 42.30
PULPA DE CAFE	84.7	2000	306	341.2	114.3	48.9	504.0	64.8 ± 11.73
CAPULIN	69.2	2000	615	330.8	115.9	63.5	510.2	82.9 ± 6.40
PERGAMINO	34.3	2000	1314	183.5	56.2	16.0	255.7	19.5 ± 5.14

Nota: Los datos de eficiencia biológica corresponden al promedio de cinco pecas para cada tratamiento.

Como se observa en el cuadro 7, la cepa comercial LEBEN presentó una eficiencia biológica mayor cuando se cultivó sobre la pulpa de café, aquí la eficiencia biológica fue de 164.8%, mientras que cuando se cultivó sobre paja de trigo y sobre el sustrato capulín, las eficiencias fueron de 121.9% y de 82.9% respectivamente. El sustrato pergamino presentó una eficiencia biológica de 19.5%, la cual resultó ser la más baja con respecto a los sustratos anteriores.

CUADRO 8. Comparación de las eficiencias biológicas de la cepa INIREB-8 con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino.

SUSTRATO	HUMEDAD (%)	PESO DEL SUSTRATO (g)		PESO DE LOS HONGOS EN CADA COSECHA (g)				EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)
		FRESCO	SECO	1	2	3	TOTAL	
PAJA DE TRIGO	85,0	2000	300	233.1	58.4	24.3	305.8	102.0 ± 19.07
PULPA DE CAFE	84.7	2000	306	312.4	90.1	30.6	433.1	141.7 ± 34.66
CAPULIN	89.2	2000	615	216.0	102.7	56.5	375.2	61.0 ± 21.35
PERGAMINO	34.3	2000	1314	145.3	38.5	10.6	194.4	15.0 ± 0.65

Nota: Los datos de eficiencia biológica corresponden al promedio de cinco pacas para cada tratamiento.

En el cuadro 8 se concentran los datos de eficiencia biológica obtenidos cuando la cepa comercial INIREB-8 se cultivó sobre los cuatro sustratos. La mayor eficiencia biológica se presentó al utilizar pulpa de café como sustrato aquí la eficiencia biológica fue de 141.7%. En paja de trigo la eficiencia biológica fue de 102.0% y cuando esta cepa fue cultivada en capulín la eficiencia biológica fue de 61.0%, mientras que para el pergamino la eficiencia biológica resultó de 15.0%.

CUADRO 9. Comparación de las eficiencias biológicas de la cepa PLEUS con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino.

SUSTRATO	HUMEDAD (%)	PESO DEL SUSTRATO (g)		PESO DE LOS HONGOS EN CADA COSECHA (g)				EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)
		FRESCO	SECO	1	2	3	TOTAL	
PAJA DE TRIGO	85.0	2000	300	170.4	61.9	58.5	290.9	97.0 ± 19.52
PULPA DE CAFE	84.7	2000	306	456.5	112.6	33.5	602.7	197.1 ± 15.11
CAPULIN	89.2	2000	615	319.0	142.2	35.1	496.2	80.6 ± 13.63
PERGAMINO	34.3	2000	1314	145.2	25.7	9.4	180.3	13.7 ± 2.98

Nota: Los datos de eficiencia biológica corresponden al promedio de cinco pacas para cada tratamiento.

El cuadro 9 muestra que cuando la cepa comercial PLEUS fue cultivada sobre pulpa de café el valor de eficiencia biológica fue máximo con un 197.1%, con la paja de trigo tuvo una eficiencia de 97.0%, con el sustrato capulín la eficiencia biológica fue de 80.6%, mientras que el sustrato pergamino inoculado con esta cepa presentó la eficiencia biológica más baja, la cual fue de 13.7%.

A continuación se muestra resumida la información anterior en un cuadro, se presentan los cuatro sustratos utilizados paja de trigo, pulpa de café, capulín y pergamino respecto a las tres cepas empleadas en el estudio.

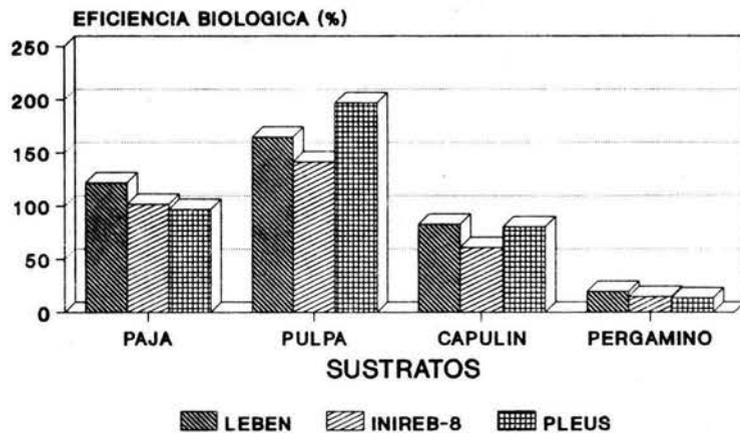
CUADRO 10. Comparación de las eficiencias biológicas (expresadas en porcentajes) de las tres cepas, respecto a los cuatro sustratos utilizados en el estudio.

% DE EFICIENCIA BIOLÓGICA			
SUSTRATOS	CEPAS		
	LEBEN	INREB-6	PLEUS
PAJA DE TRIGO	121.9	102.0	97.0
PULPA DE CAFE	164.8	141.7	197.1
CAPULIN	82.9	61.0	80.6
PERGAMINO	19.5	15.0	13.7

Nota: Concentración de las eficiencias biológicas de los tres cuadros anteriores.

Las figuras 3a y 3b muestra de manera resumida el porciento de eficiencias biológicas calculadas para cada una de las cepas cultivadas en los cuatro sustratos y al igual que en el cuadro 10, se observa que las tres cepas alcanzaron sus mayores eficiencias biológicas con la pulpa de café como sustrato y las menores se presentaron con el sustrato pergamino.

**% EFICIENCIAS BIOLÓGICAS**  
*Pleurotus ostreatus*



Nota: promedio de tres cosechas

FIGURA 3a. % de eficiencias biológicas de las tres cepas empleadas en los cuatro sustratos estudiados

**% DE EFICIENCIAS BIOLÓGICAS**  
*Pleurotus ostreatus*

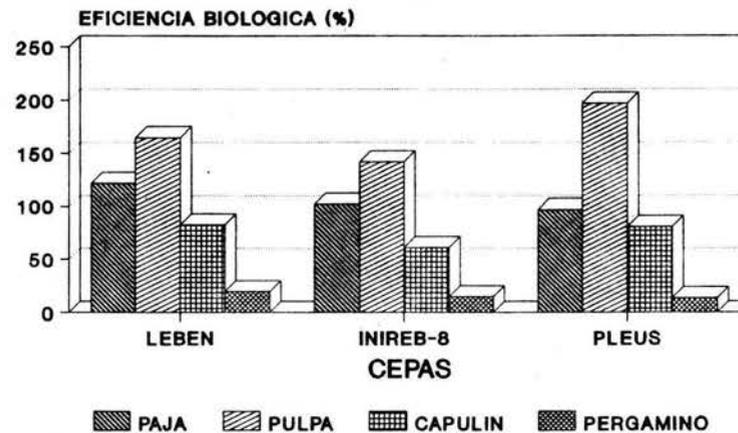
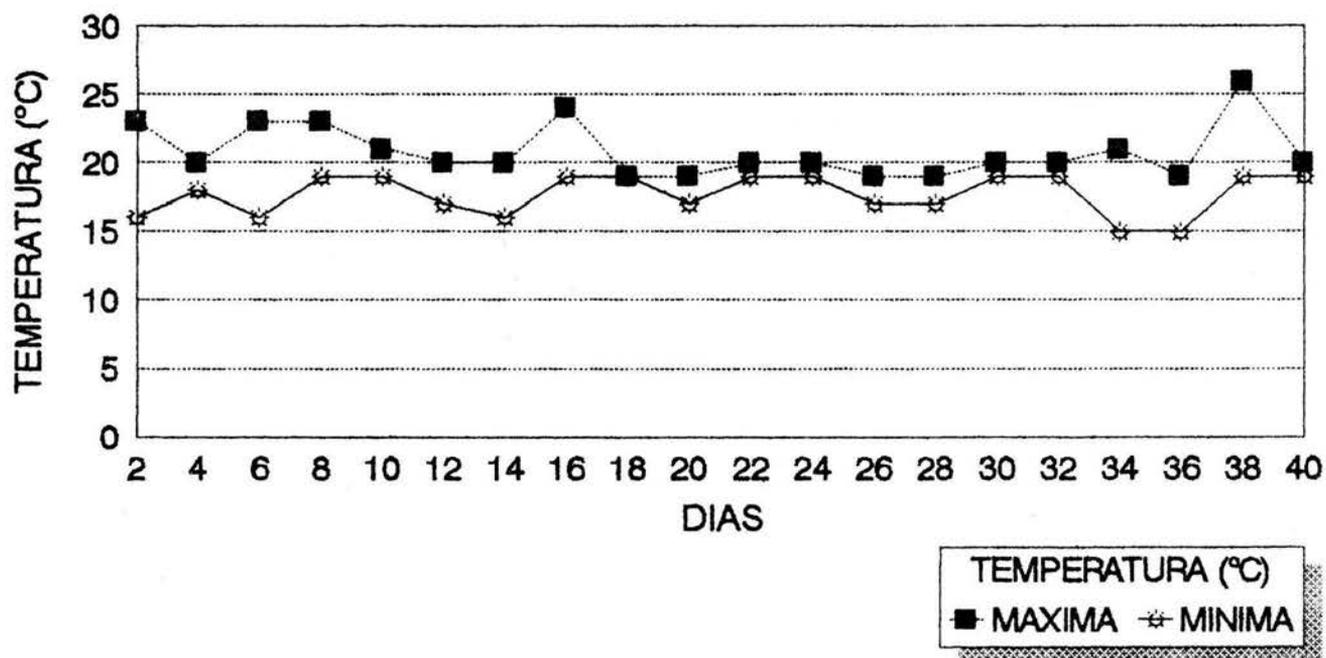


FIGURA 3b. % de eficiencias biológicas de los cuatro sustratos estudiados en las tres cepas empleadas

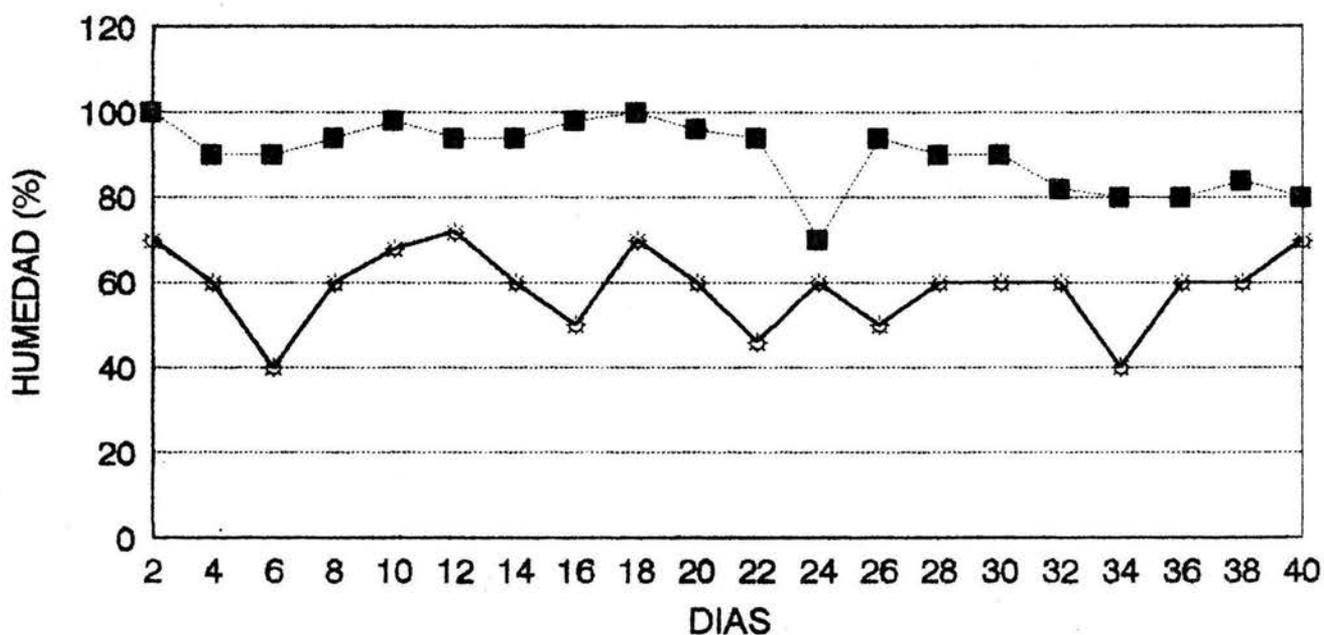
En la figura 4 se muestran los valores máximos y mínimos de la temperatura registrada durante el desarrollo de los cuerpos fructíferos. Estos valores oscilaron entre 25 y 15 °C respectivamente.

FIGURA 4. Temperaturas máximas y mínimas registradas durante el desarrollo de los hongos.



Nota: Registro de temperatura por un periodo de 40 dias.

FIGURA 5. Humedad relativa registrada durante el desarrollo de los hongos.



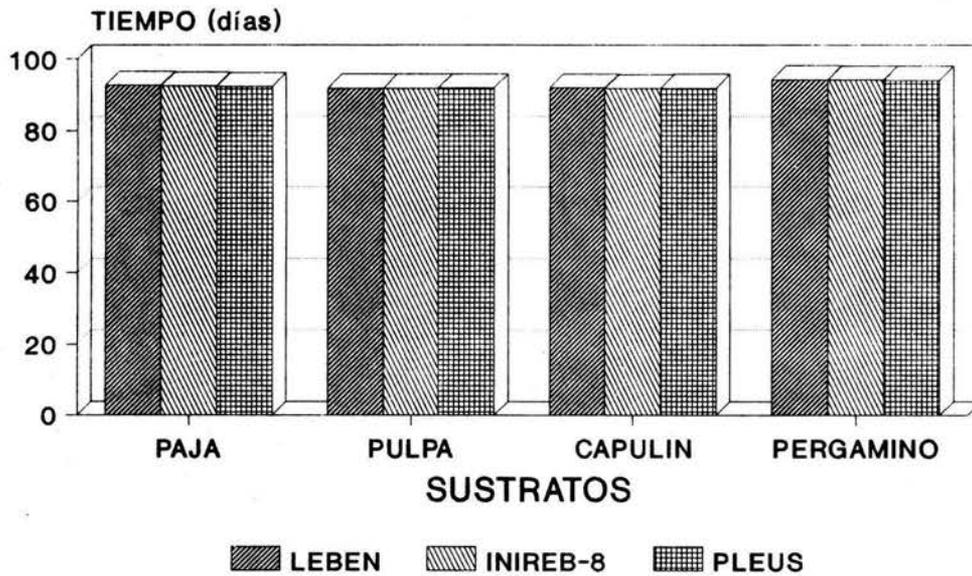
Nota: registro de la humedad relativa por un periodo de 40 días.

% HUMEDAD  
■ MAXIMA \* MINIMA

La figura 5 muestra los porcentajes de humedad relativa (%Hr) máximos y mínimos registradas durante el periodo de crecimiento de los cuerpos fructíferos; donde el valor máximo alcanzado fue de 100 % y el mínimo de 40 %.

## APARICION DE PRIMORDIOS (días)

*Pleurotus ostreatus*



Nota: promedio de tres cosechas

FIGURA 6. Tiempo de aparición de los primordios en las tres cepas estudiadas

En la figura 6 se presenta el tiempo de aparición de primordios de las tres cepas empleadas respecto a los cuatro sustratos en el estudio.

**ANCHO DEL PILEO (cm)**  
*Pleurotus ostreatus*

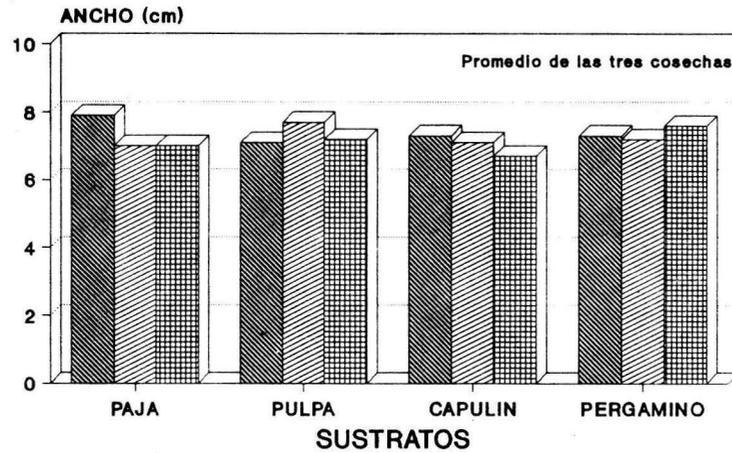


FIGURA 7. Registros de ancho (cm) del pileo de las tres cepas cultivadas en los cuatro sustratos

**LARGO DEL PILEO (cm)**  
*Pleurotus ostreatus*

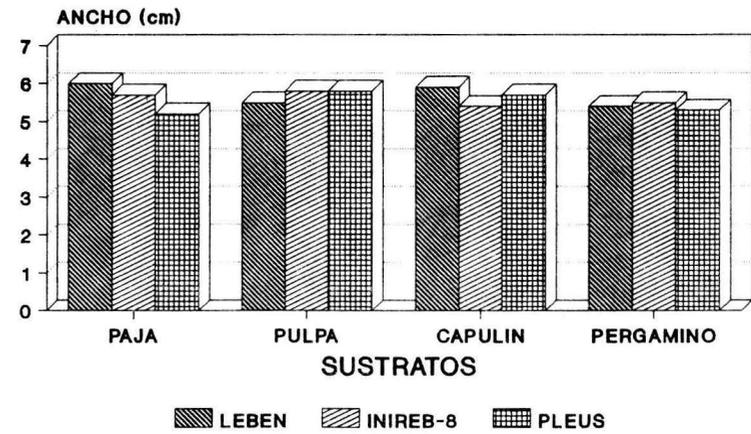


FIGURA 8. Registros del largo (cm) del pileo de las tres cepas cultivadas en los cuatro sustratos

En el cuadro 11, se presenta una tabla del promedio de los tamaños (cm) del largo y ancho del pileo alcanzadas por las tres cepas cultivadas sobre los cuatro sustratos estudiados, durante las tres cosechas registradas. La figura 7 muestra los tamaños de ancho (cm) y la figura 8 el largo (cm) del pileo.

CUADRO 11. Promedios de largo y ancho (cm) del pileo de las cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS cultivadas en los cuatro sustratos estudiados.

SISTRATOS	TAMAÑO DEL PILEO (cm)					
	ANCHO			LARGO		
	LEBEN	INIREB-8	PLEUS	LEBEN	INIREB-8	PLEUS
PAJA	7.9	7.0	7.0	6.0	5.7	5.2
PULPA	7.1	7.7	7.2	5.5	5.8	5.8
CAPULIN	7.3	7.1	6.7	5.9	5.4	5.7
PERGAMINO	7.3	7.2	7.6	5.4	5.5	5.3

Nota: El número de individuos fue variable.

Las fotografías 2, 3, 4 y 5 que se presentan a continuación, muestran a los cuerpos fructíferos de las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS cultivadas sobre los cuatro sustratos, PAJA DE TRIGO, PULPA DE CAFE, CAPULIN y PERGAMINO.

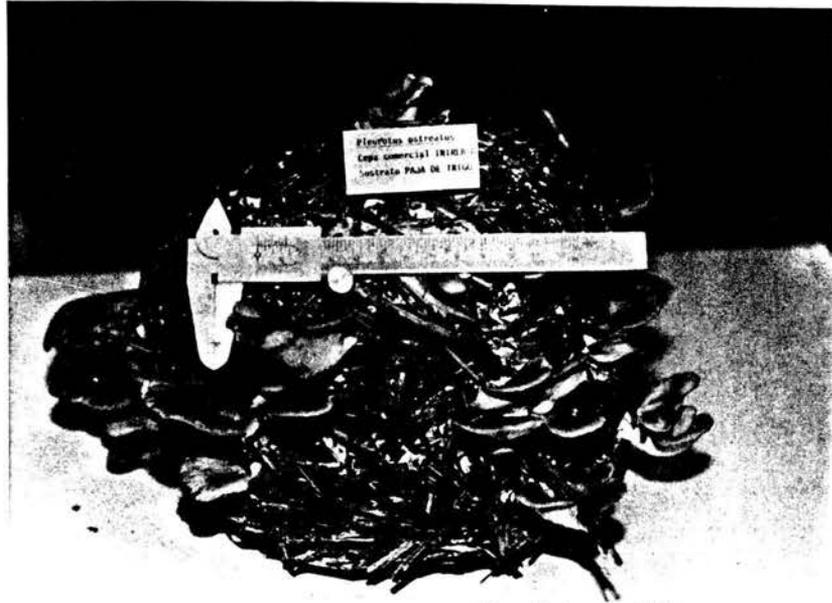


Foto: Valencia del Toro

FOTOGRAFÍA 2. Carpóforos de la cepa INIREB-8, cultivada sobre el sustrato paja de trigo.



Foto: Valencia del Toro

FOTOGRAFÍA 3. Carpóforos de la cepa LEBEN cultivada sobre el sustrato pulpa de café.

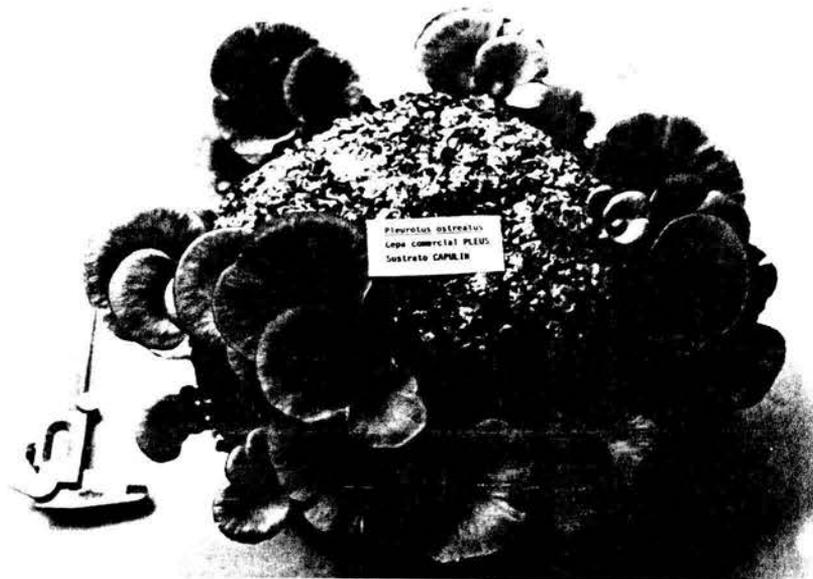


Foto: Valencia del Toro

FOTOGRAFÍA 4. Carpóforos obtenidos al cultivar la cepa PLEUS sobre el sustrato capulín.

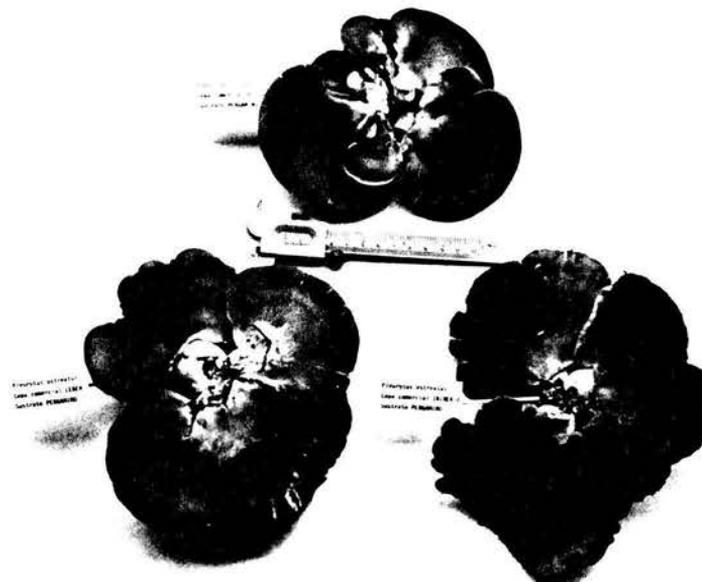


Foto: Valencia del Toro

FOTOGRAFÍA 5. Carpóforos obtenidos por las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS, cultivadas sobre el sustrato pergamino.

5.2 VALORES DE LOS CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LAS CEPAS LEBEN, INIREB-8 Y PLEUS CULTIVADAS EN LOS CUATRO SUSTRATOS ESTUDIADOS, PAJA DE TRIGO, PULPA DE CAFE, CAPULIN Y PERGAMINO.

CUADRO 12. Comparación de los valores de los constituyentes químicos presentes en los carpóforos de las tres cepas de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre los sustratos estudiados.

CONSTITUYENTES (%)	CEPAS	SUSTRATOS			
		PAJA DE TRIGO	PULPA DE CAFE	CAPULIN	PERGAMINO
HUMEDAD	LEBEN	92.67 ± 0.07	91.89 ± 0.01	91.96 ± 0.03	94.27 ± 0.03
	INIREB-8	92.52 ± 0.02	91.87 ± 0.06	91.78 ± 0.02	94.16 ± 0.10
	PLEUS	92.32 ± 0.03	91.97 ± 0.02	91.85 ± 0.02	94.07 ± 0.07
PROTEINAS	LEBEN	21.09 ± 0.00	28.12 ± 0.28	23.06 ± 0.28	31.56 ± 0.28
	INIREB-8	22.38 ± 0.27	27.22 ± 0.25	28.45 ± 0.00	30.34 ± 0.80
	PLEUS	27.31 ± 0.57	26.00 ± 0.85	25.51 ± 0.85	30.58 ± 0.28
GRASAS	LEBEN	06.00 ± 0.00	06.00 ± 0.00	05.00 ± 0.00	03.30 ± 0.26
	INIREB-8	05.54 ± 0.21	03.00 ± 0.00	07.13 ± 0.13	04.20 ± 0.14
	PLEUS	05.69 ± 0.03	06.41 ± 0.07	06.58 ± 0.08	06.94 ± 0.07
FIBRA CRUDA	LEBEN	14.22 ± 1.21	09.80 ± 1.52	11.36 ± 0.49	10.38 ± 0.02
	INIREB-8	11.87 ± 0.71	09.54 ± 1.30	7.74 ± 1.04	09.02 ± 0.21
	PLEUS	10.69 ± 0.29	09.93 ± 1.10	9.51 ± 0.54	09.87 ± 0.86
CENIZAS	LEBEN	04.55 ± 0.01	08.33 ± 0.00	04.35 ± 0.01	06.44 ± 0.01
	INIREB-8	03.77 ± 0.29	08.33 ± 0.00	04.26 ± 0.08	08.73 ± 0.14
	PLEUS	04.38 ± 0.21	08.32 ± 0.00	05.71 ± 0.07	08.29 ± 0.03

Nota: Los datos de los constituyentes corresponden a las medias ± la desviación estándar para n=3.

En el cuadro anterior se presentan los resultados de los valores promedio, en porcentajes, de tres repeticiones para el análisis químico proximal, obtenidos para los carpóforos de cada una de las cepas cultivadas sobre los cuatro sustratos empleados.

En el cuadro 12 se muestran los valores de los constituyentes químicos de los hongos de cada una de las tres cepas cuando se cultivaron sobre paja de trigo; de acuerdo a los datos arrojados en el cálculo de humedad, los hongos de la cepa LEBEN presentaron 92.67%, INIREB-8 92.52% y PLEUS un 92.32%; el porcentaje de proteína más alto lo presentaron los carpóforos de la cepa PLEUS con 27.31%, seguida por INIREB-8 con 22.38% y LEBEN con 21.09%; el contenido de grasas fue de 6% para LEBEN, 5.69% para PLEUS y 5.54% para INIREB-8; con respecto a los valores de fibra cruda, el más alto corresponde a LEBEN, seguido de INIREB-8 y PLEUS, con 14.22, 11.87 y 10.69% respectivamente; en el cálculo de cenizas se obtuvo un valor de 4.55% para LEBEN, 4.385 para PLEUS y el menor fue para INIREB-8 con 3.77%

Cuando las tres cepas por separado se cultivaron sobre pulpa de café, el porcentaje de humedad para los carpóforos de las tres cepas fue semejante, aproximadamente 92%; el porcentaje de proteínas fue mayor para LEBEN con 28.12%, de 27.22% con INIREB-8 y para PLEUS con 26%; el mayor resultado en cuanto a porcentaje de grasas lo presentaron con PLEUS que fue de 6.41% seguida de LEBEN con 6% y el más bajo fue para PLEUS con 3%; los valores obtenidos para fibra cruda fueron de 9.93, 9.8 y 9.54% para PLEUS, LEBEN e INIREB-8, respectivamente y finalmente en los resultados obtenidos para cenizas el valor fue parecido, de 8.3% para los carpóforos de las tres cepas.

En el cultivo de cada una de las cepas sobre el sustrato capulín se obtuvieron los carpóforos, donde los resultados del porcentaje de humedad para los hongos de las tres cepas fue similar, aproximadamente 92%; en cuanto a los resultados del porcentaje de proteínas, el mayor fue para los carpóforos de la cepa INIREB-8 con 28.45%, seguida de los de la cepa PLEUS con 25.51% y finalmente los de la cepa LEBEN con 23.06%; el porcentaje más alto de acuerdo al cálculo de grasas fue para INIREB-8 con 7.13%, PLEUS con 6.58% y LEBEN con 5%; el valor más alto calculado para el porcentaje de fibra cruda se determinó en los carpóforos de la cepa LEBEN con 11.36%, para PLEUS fue de 9.51% y el más bajo fue para INIREB-8 con 7.74%; en cuanto a los valores obtenidos para cenizas, para los carpóforos de PLEUS fue de 5.71% , de 4.35 y 4.26% para LEBEN e INIREB-8;

Cuando el sustrato sobre el cual se cultivaron las tres diferentes cepas estudiadas fue pergamino, se observó de acuerdo con los resultados que el porcentaje de humedad para los carpóforos de las tres cepas fue de 94%; el porcentaje obtenido para proteínas fue semejante, encontrando que los carpóforos de LEBEN presentaron el valor mayor con 31.56%, PLEUS e INIREB-8 con 30.58 y 30.34%, respectivamente; en cuanto a los resultados del porcentaje de grasas, los de PLEUS obtuvieron el valor de 6.94%, INIREB-8 de 4.20% y el más bajo fue para los de LEBEN con 3.3%; para fibra cruda, los carpóforos de LEBEN registraron un valor de 10.38% mientras que para PLEUS e INIREB-8 los valores fueron de 9.87% y 9.02%; por último, respecto a los resultados de cenizas, se observa que el más alto fue para los carpóforos de la cepa INIREB-8 con 8.73%, para PLEUS con 8.29% y para LEBEN con 6.44%.

Las siguientes figuras nos representan los valores obtenidos del porcentaje de los constituyentes químicos: fig. 9 humedad, fig. 10 proteínas, fig. 11 grasas, fig. 12 fibra cruda, fig. 13 cenizas, determinados para los carpóforos de las cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS con cada uno de los sustratos empleados para su cultivo PAJA, PULPA, CAPULIN y PERGAMINO.

**% DE HUMEDAD**  
*Pleurotus ostreatus*

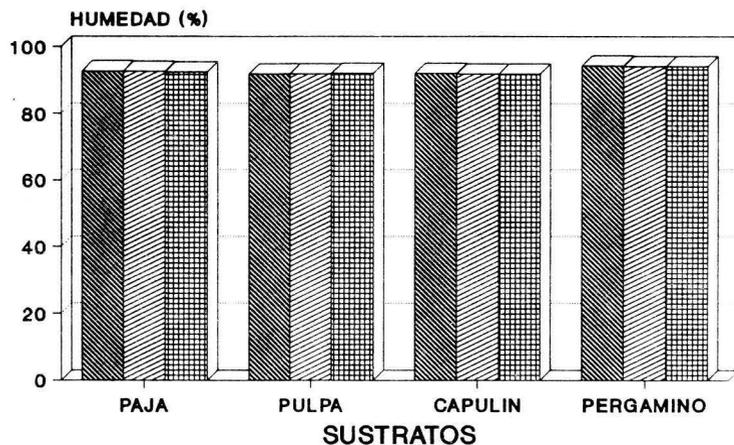


FIGURA 9. % de Humedad registrado en los carpóforos de las tres cepas cultivadas sobre los cuatro sustratos

Nota: con n=3

**% DE PROTEINA**  
*Pleurotus ostreatus*

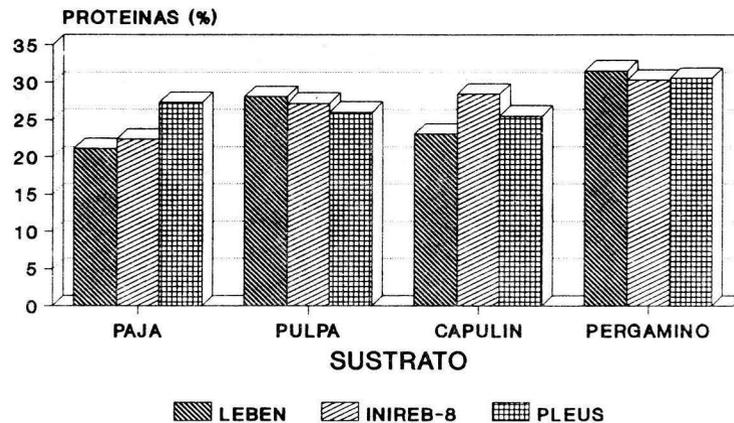


FIGURA 10. % de proteína alcanzado por los carpóforos de las tres cepas cultivadas en los cuatro sustratos

**% DE GRASA**  
*Pleurotus ostreatus*

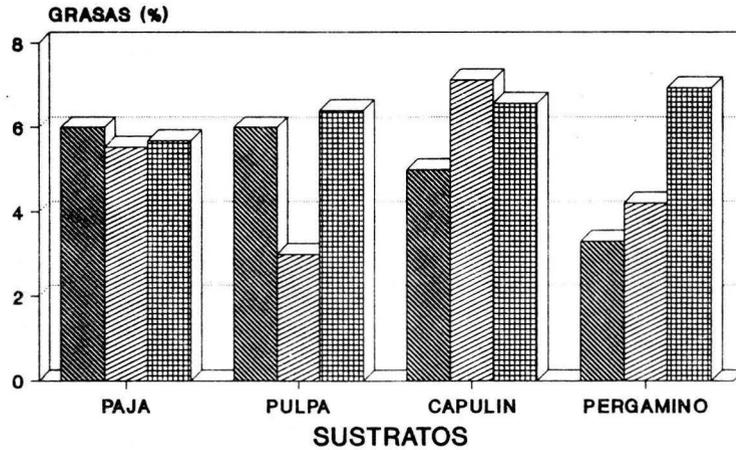


FIGURA 11. % de grasa determinado en los carpóforos de las tres cepas cultivadas en los cuatro sustratos

Nota: con n=3

**% DE FIBRA CRUDA**  
*Pleurotus ostreatus*

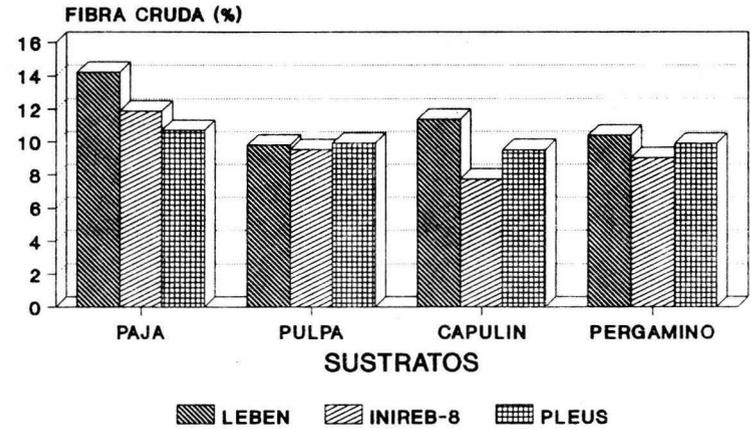


FIGURA 12. % de fibra cruda determinado en los carpóforos de las tres cepas cultivadas en los cuatro sustratos

# % DE CENIZAS

*Pleurotus ostreatus*

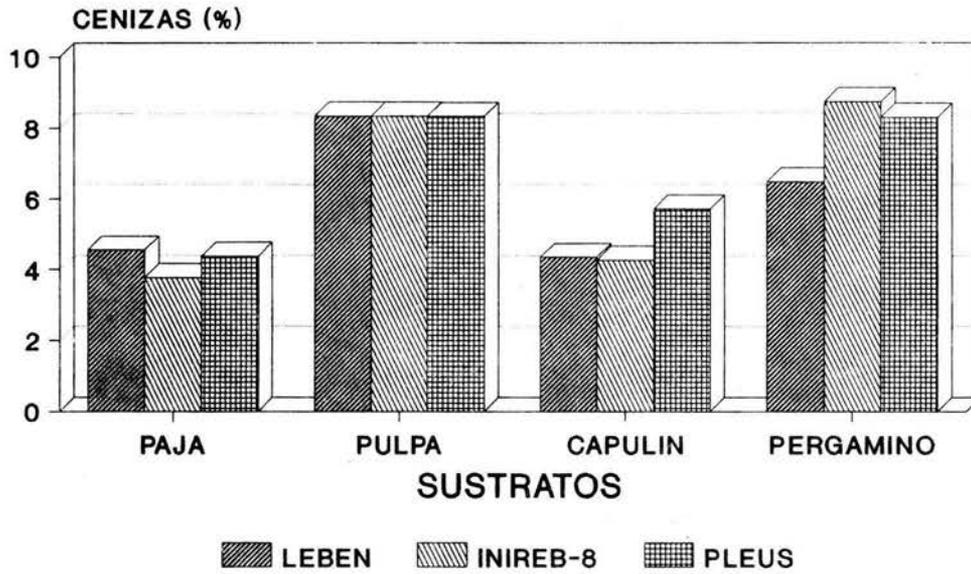


FIGURA 13 % de cenizas determinados en los carpóforos de las tres cepas cultivadas en los cuatro sustratos

Nota con n=3

## VI. DISCUSION

Al analizar los resultados del cuadro 10, que muestran las eficiencias biológicas obtenidas por las tres cepas cultivadas en cada uno de los sustratos estudiados, se observa que con el sustrato paja de trigo la cepa LEBEN presentó una mayor eficiencia, con 121.9%; cuando las cepas se inocularon sobre pulpa de café, la cepa PLEUS presentó la mayor eficiencia con 197.1%; las mayores eficiencias registradas para el sustrato capulín fueron con las cepas LEBEN y PLEUS con 82.9 y 80.6% respectivamente, y finalmente la cepa LEBEN presentó el mayor porcentaje de eficiencia el cual fue de 19.5% cuando se cultivó sobre pergamino.

Los datos del cuadro 10 indican, también, que con el sustrato pulpa de café se obtuvieron los mayores porcentajes de eficiencias biológicas para este trabajo. La cepa LEBEN, la cepa INIREB-8 y la cepa PLEUS, presentaron sus mayores porcentajes de eficiencia biológica con el sustrato pulpa de café; el sustrato que presentó el segundo lugar en cuanto a porcentajes de eficiencia biológica fue la paja de trigo, el tercer lugar lo ocupó el sustrato capulín y finalmente el último lugar fue para el sustrato pergamino. Lo cual se confirmó al aplicar el análisis de ANOVA de una vía, como se observa en el apéndice II, indicando que para los cuatro sustratos existen diferencias estadísticas significativas. Lo cual muestra que las tres cepas se comportaron de manera diferente de acuerdo al tipo de sustrato.

Con los resultados obtenidos se puede inferir que tanto la cepa LEBEN como la cepa PLEUS son eficientes para invadir y desarrollar carpóforos en los cuatro diferentes sustratos estudiados. La cepa INIREB-8 presentó porcentajes de eficiencias biológicas aceptables, en cuanto a la paja estuvo por arriba de lo reportado por Martínez-Carrera en 1988, utilizando paja de cebada con 96.04%, la eficiencia biológica reportada en este trabajo es de 102.0% con paja de trigo. La eficiencia biológica reportada en este trabajo para pulpa de café fue de 141.7%, siendo más alta que la reportada por Martínez-Carrera *et al.* en 1984 con 113.35%, en 1985 con 132.0%; por Soto-Velazco con 132.10% en 1986; por Martínez-Carrera en 1987 con 115.01, 118.36 y 113.01% utilizando la cepa INIREB 48, 47 y 46 respectivamente, y 128.12% cuando utilizó la cepa INIREB 38. La eficiencia biológica obtenida con el sustrato capulín fue de 61.0%, finalmente cuando se utilizó el sustrato pergamino se obtuvo una eficiencia biológica de 15.0%; cabe señalar que hasta la fecha no se habían reportado valores de eficiencias biológicas para los sustratos capulín y pergamino, aunque existen reportes sobre sustratos como bagazo de caña, hojas de pimienta negra entre otros, con los que obtuvieron eficiencias biológicas parecidas.

Con el análisis estadístico se confirmó que los valores de eficiencia biológica de las cepas INIREB-8 y PLEUS, cuando se cultivaron sobre el sustrato paja de trigo no presentaron diferencias estadísticas significativas, pero cuando estas dos cepas se compararon con la cepa LEBEN, se observó que si presentan diferencias estadísticas significativas, como se observa en el apéndice II.

De acuerdo a las eficiencias biológicas obtenidas en la presente investigación, se puede afirmar que la pulpa de café sigue siendo un sustrato idóneo para el cultivo del *Pleurotus ostreatus*, como lo demostraron con anterioridad Martínez-Carrera *et al.* en 1985 y 1987 cuando registraron una eficiencia biológica de 159.9% utilizando pulpa fermentada por cinco días; por su parte Soto *et al.* en 1987 utilizaron pulpa fermentada y secada al sol, donde registraron una eficiencia biológica de 152.7%, en ambos trabajos emplearon la cepa INIREB-8. En este trabajo la eficiencia biológica alcanzada sobre pulpa de café fermentada por cinco días y secada al sol e inoculada con la cepa INIREB-8 fue de 141.7% quedando por abajo de lo arriba mencionado; la cepa LEBEN presentó una eficiencia biológica de 164.8% valor mayor que lo reportado por los autores antes citados. Con la cepa PLEUS la eficiencia biológica fue de 197.14% lográndose rebazar el dato de 186.0% reportado por Acosta-Urdapilleta *et al.* en 1988, cuando utilizó tamo de maíz como sustrato, habiendo sido uno de los más altos porcentajes reportados hasta la fecha.

Uno de los motivos por el cual se se puede inferir que se registraran los más altos valores con la pulpa de café en el presente estudio, se puede explicar de acuerdo al proceso de "fermentación" que recibe la pulpa después de haber sido arrojada del proceso de despulpado, se sabe por trabajos de Soto-Velazco (1987) que al principio del proceso de fermentación existe una degradación no uniforme de los restos del mucilago, azúcares libres y celulosa, abundantes en la pulpa. A medida que la fermentación avanza, estos materiales, fácilmente accesibles para mohos y bacterias son degradados permitiendo la entrada de otros organismos como hongos superiores (Basidiomicetes) que degradan casi selectivamente la lignina de una manera rápida y eficiente.

Ya que la pulpa de café está constituida principalmente de celulosa, hemicelulosa, lignina y otros compuestos fenólicos así como una gran cantidad de azúcares libres, el proceso de "pasteurización" que recibe la pulpa antes de ser inoculada por el hongo, es de suma importancia porque permite la eliminación de azúcares libres así como de compuestos solubles en agua, tales como cafeína y fenoles, de manera que la eliminación de estos es importante ya que se sabe inhiben la actividad enzimática del *Pleurotus*; este hongo ataca esencialmente los complejos lignocelulósicos presentes en la fibra vegetal, y para que el hongo pueda aprovechar los complejos antes mencionados, los azúcares libres y los carbohidratos fácilmente degradables deben ser prácticamente eliminados (Soto-Velazco, 1985). Además de lo

mencionado por Soto, es importante señalar que la retención de humedad que presentó el sustrato la cual fue de 84.7%, así como la consistencia del mismo ayudó para obtener eficiencias biológicas altas. Y al aplicar el análisis estadístico (ver apéndice II) a las eficiencias biológicas de las cepas cuando se cultivaron sobre pulpa de café, se observó que para las tres cepas LEBEN, INIREB-8 y PLEUS, no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

Con respecto al sustrato capulín, este no recibe en ningún momento el proceso de "fermentación", debido a que el fruto después de haber sido recolectado solamente es deshidratado (secándolo al sol) y es almacenado hasta el momento de ser llevado a "mortear" para obtener el grano de café; durante el secado del fruto el mucilago se deshidrata y es muy probable que no se pierdan del todo los compuestos fenólicos como el ácido clorogénico y algunos azúcares libres, presentes en el fruto del cafeto, que actúan inhibiendo el desarrollo del micelio y su posterior fructificación. Sin embargo los azúcares libres se eliminan cuando el sustrato se somete al proceso de pasteurización, de manera que la fructificación del micelio u obtención de cuerpos fructíferos si se lleva a cabo. Las eficiencias biológicas obtenidas con el sustrato capulín fueron para las tres cepas aproximadamente la mitad de las obtenidas con la pulpa de café ( LEBEN: pulpa 164.8%- capulín 82.9%; INIREB-8: pulpa 141.7% - capulín 61.0%; PLEUS: pulpa 197.1% - capulín 80.6%). Es muy probable que para el sustrato capulín la fermentación juegue un papel importante, pero no hay que descartar la retención de humedad del sustrato la cual es menor a la de la pulpa, de 69.2% y la consistencia del mismo. Con respecto a este sustrato no se tienen datos bibliográficos reportados de eficiencias biológicas, esto probablemente a que el sustrato capulín se genera en diferentes épocas del año, se obtiene en seco de manera que se puede almacenar en bodegas y generalmente no se tira a los ríos; a demás de que el café capulín obtenido por vía seca se almacena y se "mortea" cuando el grano de café ha aumentado su valor comercial. El análisis estadístico (ver apéndice II) confirmó que entre las cepas LEBEN y PLEUS no existen diferencias estadísticas significativas en cuanto al porcentaje de eficiencias biológicas, sin embargo al compararlas con la cepa INIREB-8 si se presentan diferencias estadísticas significativas.

El café pergamino recibe el proceso de fermentado después de haber sido generado durante el despulpado del grano de café, eliminando de esta forma los fenoles que pudieran inhibir el desarrollo del hongo, los azúcares solubles son quitados durante el proceso de pasteurización. Se infiere por tanto que las bajas eficiencias biológicas obtenidas al utilizar pergamino se deben a la composición propia del sustrato; como se sabe, en la mayoría de los estudios realizados con diferentes sustratos, referentes al cultivo de hongos comestibles se han reportado bajos rendimientos de cuerpos fructíferos, de acuerdo con Jácome-Opoch (1980) esto se debe al bajo contenido de nitrógeno del sustrato (aproximadamente 0.18%); el sustrato juega un papel importante para el crecimiento de los hongos puesto que todos los

nutrientes, tanto orgánicos como inorgánicos, deben estar presentes en el mismo; se sabe por Morales-Holguin (1987) que el pergamino es un sustrato compuesto principalmente por celulosa, sin embargo el contenido de nitrógeno es de 0.2-0.5% y de acuerdo con Jacome-Opoch es muy bajo comparado con el de la pulpa que es de 2.3%, es probable que su composición química impida el desarrollo del hongo de manera que el sustrato no posea los nutrientes necesarios para ser utilizados en el metabolismo del hongo, principalmente las fuentes de nitrógeno. Su constitución física también es importante para el desarrollo del hongo ya que a diferencia de la paja, la pulpa y el capulín, el pergamino no fue degradado satisfactoriamente por las cepas estudiadas, lo cual se reflejó en primer lugar en la compactación del sustrato, ya que al mover o humedecer la "paca" (donde el micelio era lavado), se desprendían fragmentos de la misma. Por otro lado, al aplicar el análisis estadístico (ver apéndice II) de las eficiencias biológicas de las tres cepas cuando se cultivaron sobre pergamino, se corroboró que no existen diferencias estadísticas significativas entre las cepas INIREB-8 y PLEUS, pero entre estas dos cepas y la cepa LEBEN sí existen diferencias estadísticas significativas.

La capacidad de retención de humedad del sustrato es indispensable y es una característica propia de cada sustrato, la pulpa de café fue el sustrato que presentó mayor porcentaje de humedad con 85.0%, mientras que pergamino presentó un 34.3% de humedad, lo que indicó que su capacidad de retención de agua era casi nula y se demostró cuando estaban en la cámara de fructificación, donde las pacas de pergamino necesitaban ser humedecidas con más frecuencia (no lográndose humedecerlas totalmente).

Es importante reiterar que no se han reportado porcentajes de eficiencia biológica para los sustratos capulín y pergamino hasta ahora, señal de que no se había prestado atención a estos desechos agroindustriales probablemente, como ya se ha venido mencionando, porque dichos sustratos se generan en diferentes épocas del año, se obtiene en seco cuando el café pergamino y/o bola es "morteado", al obtenerse en seco se almacena en pequeños bodegas o bien se deja a la intemperie, hasta ser adquirido por personas del lugar dedicadas a la cría de pollos para utilizarlos como receptores de las heces fecales de las aves, de esta manera las pajillas se enriquecen con el excremento y posteriormente el desecho es usado como abono orgánico; pero de igual manera, es utilizado sin haber sido enriquecido con el excremento. Sin embargo la cantidad en la que se generan estas pajillas es demasiada como para ser utilizada por los lugareños y aunque generalmente no se tiran a los ríos, se acostumbra quemarles por encontrarse en estado seco, debido a que se producen aproximadamente 81,000 toneladas anuales de pajillas se pueden aprovechar para el cultivo de *Pleurotus*, contribuyendo de esta manera a la producción de proteínas para consumo humano y a la disminución de la contaminación ambiental.

Cabe señalar que los meses de fructificación fueron noviembre-diciembre, influyendo posiblemente en el desarrollo óptimo de los hongos. Es sabido que el crecimiento micelial y la fructificación de los hongos comestibles es afectada por una enorme variedad de factores, entre los factores físicos la temperatura es la más importante; en este trabajo la temperatura que se mantuvo dentro de la cámara de fructificación osciló entre 15 y 26°C, como se muestra en la figura 4.

Con respecto al porcentaje de humedad relativa (independientemente de la capacidad de retención de humedad del sustrato) como se representa en la figura 5, en dos ocasiones el porcentaje de humedad relativa dentro de la cámara de fructificación se mantuvo baja con 40%, sin embargo no afectó significativamente el desarrollo de los hongos porque se alcanzaron eficiencias biológicas altas respecto a lo reportado por Acosta-Urdapilleta *et al.* en 1988 cuando utilizó como sustrato el tamo de maíz obteniendo una eficiencia biológica de 186.0%.

En la figura 6 se muestran los tiempos de aparición de los primordios, como se observa, la aparición fue más temprana cuando las cepas se cultivaron sobre la pulpa de café, en un tiempo de 25 días para las tres cepas estudiadas; para el sustrato capilín el tiempo fue de 26 días, para la paja de trigo el tiempo de aparición de primordios fue de 27 días y presentaron el máximo retraso cuando se cultivaron sobre el sustrato pergamino, apareciendo hasta los 30 días, tiempo igual para las tres cepas. Probablemente por las características propias del sustrato, como se mencionó con anterioridad el pergamino está constituido principalmente por celulosa lo cual probablemente dificultó la degradación del sustrato por las hifas, por consecuencia retardando el tiempo de aparición de los primordios. Con estos resultados se puede inferir que la pulpa de café resultó ser, en este trabajo, el sustrato más adecuado para la aparición de primordios independientemente de la cepa en estudio y permitiendo el desarrollo de los cuerpos fructíferos en un tiempo relativamente más corto. Sin embargo el análisis estadístico mostró que no existen diferencias estadísticas significativas al comparar el tiempo de aparición de primordios de las tres cepas para cada sustrato es decir, aparecieron aproximadamente al mismo tiempo, indicando con ello que las cepas LEBEN, INIREB-8 Y PLEUS presentan igual capacidad de invasión al sustrato en cuestión; pero sí marca diferencias estadísticas significativas entre sustratos, como se observa en la figura 6.

De los resultados de producción, utilizando el tamaño como un factor de calidad para la aceptación comercial de este producto, se puede inferir que los tamaños observados en los carpóforos obtenidos, el tamaño que presentan es de calidad desde el punto de vista comercial (no se registraron los tamaños con fines taxonómicos sino meramente como apreciación del consumidor); en promedio las tamaños alcanzadas por las tres cepas en cada uno de los sustratos fue de 7.3 x 5.5 cm, sin embargo se lograron obtener carpóforos de hasta 15.6 x 11.5 cm; sobre el sustrato paja la cepa INIREB-8 presentó el tamaño

mas grande. Por lo observado, se puede inferir que las tres cepas presentan características que les hacen tener una capacidad de invasión semejante sobre los sustratos antes mencionados ( Ver cuadro 11 y fotografías 2, 3, 4 y 5).

Los valores de los constituyentes químicos registrados para humedad de los hongos como se observa en la figura 9, fue aproximadamente igual cuando las cepas se cultivaron sobre paja, pulpa y capulín, nos indica que los hongos en casi su totalidad son agua presentando un 8% de materia seca; cuando se cultivaron sobre pergamino la humedad registrada fue mayor, situación atribuida a la constante aspersion de agua para mantener húmedo al sustrato ya que como se mencionó anteriormente el sustrato retiene muy poca agua y solamente un 6% representó la materia seca de los hongos. Los valores registrados para las tres cepas con los cuatro sustratos se encuentran dentro de lo reportado por Valencia del Toro *et al.* en 1995 de 87.35 - 89.85%.

Los valores de proteína registradas para los carpóforos de las tres cepas empleadas se encuentran dentro del promedio calculado en otros trabajos como el de Chang y Miles en 1989 y el de Valencia del Toro *et al.* en 1995, donde reportan de 10.3 a 32.14 % de proteínas en los carpóforos, en el presente estudio se obtuvieron porcentajes de 21.09 - 31.56%. Con los resultados obtenidos podemos inferir que el porcentaje de proteínas esta relacionado en parte con el tipo de sustrato que se utilice debido a que existen diferencias estadísticas significativas entre los cuatro sustratos (ver apéndice II).

En cuanto a los porcentajes de grasa extraídas de los hongos, existió variación dependiendo de la cepa empleada y del sustrato en el cual se inocularon, los valores más o menos homogéneos se registraron cuando las cepas se cultivaron en paja y fueron de aproximadamente 6 %, pero para los otros sustratos existió mucha desigualdad, como se puede ver en el cuadro 12, sin embargo los datos registrados están dentro de los reportados por Valencia del Toro *et al.* en 1995 y van de 1.6 a 7.2%.

Los porcentajes de fibra cruda están dentro de los reportados en bibliografía por Chang y Miles en 1989 y Valencia del Toro *et al.* en 1995, excepto los valores de los hongos de la cepa LEBEN desarrollados en paja cuyo valor es de 14.22%; observando una repetición en cuanto al patrón presentado con los anteriores constituyentes, probablemente este patrón se deba a la capacidad de asimilación del hongo de los diferentes materiales para la producción de sus nutrientes.

La materia seca de los alimentos esta constituida de compuestos orgánicos e inorgánicos, los orgánicos son susceptibles de quemarse en tanto que los inorgánicos no, y cuando la muestra se calcina los componentes inorgánicos quedan en forma de cenizas, lo cual nos indica el porcentaje de minerales

presentes en la muestra; de acuerdo con los resultados obtenidos el porcentaje más alto de cenizas en los carpóforos fue para la cepa INIREB-8 cultivada sobre pergamino con 8.73%, como se observa en la Figura 13 y en el cuadro 12; el valor más bajo fue para los carpóforos de la cepa INIREB-8 inoculada sobre paja con 3.77%, tanto para paja como para capulín en general los porcentajes de cenizas fueron inferiores al rango reportado por Chang y Miles en 1989 y por Valencia del Toro *et al.* en 1995 con 3.91 - 6.1%.

Como soporte a los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza de una vía con un nivel de significancia de 0.05 para  $n=3$ , respecto a los constituyentes químicos, en primer lugar para las tres cepas LEBEN INIREB-8 y PLEUS con cada uno de los cuatro sustratos PAJA, PULPA, CAPULIN y PERGAMINO el cual se presenta en el apéndice II. Con respecto a la cuantificación del porcentaje de humedad, cuadro 15, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las tres cepas cuando se inoculan en los diferentes sustratos. El cuadro 17 nos muestra los valores de significancia calculados para el porcentaje de proteína, en este se observa que existen diferencias estadísticas significativas para los sustratos paja, pulpa y capulín por presentar valores de significancia menores a 0.05, sin embargo para pergamino no se encontraron diferencias ya que el valor de significancia fue de 0.0578, a este respecto los valores de proteína cuantificados se encuentran dentro de lo ya reportado, de manera que serían significativos si se realizará una determinación para conocer los aminoácidos que se encuentran en los carpóforos. En el cuadro 19 nos presentan los valores de significancia de acuerdo al porcentaje de grasas para los cuatro sustratos, observándose que existen diferencias estadísticas significativas. El cuadro 21 nos presenta los valores de significancia para los porcentajes de fibra cruda, se observa que para los sustratos paja y capulín existen diferencias, mientras que para la pulpa y el pergamino no se encontraron diferencias estadísticas significativas por obtener valores mayores a 0.05. Los valores de significancia para la interacción de las cepas con los cuatro sustratos respecto al porcentaje de cenizas; encontramos que no existen diferencias estadísticas significativas, como se muestra en el cuadro 21.

Es importante señalar que es necesario ampliar el número de muestras para las determinaciones del análisis químico proximal.

Si se toma en cuenta que el país produce aproximadamente un millón de toneladas de pulpa de café, con el cultivo de *Pleurotus* la pulpa se podría bioconvertir en cerca de 100 000 toneladas de hongos comestibles. Y se producirían más de 5 000 toneladas de proteína (dado que poseen 4 % de proteínas en peso fresco) para consumo humano. (Guzmán, G y Martínez-Carrera, 1985)

## VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con trabajos anteriores se puede reafirmar que el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre residuos agroindustriales, como los arrojados del beneficiado del café, cubre las posibilidades de obtener en corto tiempo y en poco espacio, cantidades significativas de proteínas para consumo humano y un forraje no convencional para animales así como un fertilizante para suelos.

Los resultados obtenidos revelan que:

\* El tiempo de aparición de los primordios de las cepas estudiadas reflejó que cada una invade casi de igual manera y a igual velocidad el sustrato en el cual se inocularon.

\* De acuerdo con los resultados del porcentaje de eficiencia biológica, las cepas LEBEN y PLEUS resultaron ser las que mejor aprovecharon los nutrientes del sustrato.

\* La composición y constitución física del sustrato es determinante para la invasión, aparición de primordios y fructificación de los carpóforos; los sustratos que resultaron ser más fácilmente aprovechados por las tres cepas fueron en primer lugar la pulpa de café y en segundo lugar la paja de trigo. Los sustratos capulín y pergamino presentaron las eficiencias biológicas por debajo de los dos anteriores.

\* La pulpa de café sufrió una mayor y más rápida invasión por las tres cepas estudiadas, especialmente por la cepa comercial PLEUS porque con esta se obtuvo el mayor porcentaje de eficiencia biológica reportado hasta la fecha.

\* A pesar de las bajas eficiencias biológicas registradas para capulín y pergamino, es factible utilizarlos como sustratos para el cultivo de *Pleurotus* debido a que es fácil obtenerlos en las zonas cafetaleras (a ningún costo) y por ser una opción para el reciclamiento de los desechos agroindustriales.

\* Los tamaños que presentaron los carpóforos fueron en general semejantes para las tres cepas.

\* Los valores calculados para los constituyentes químicos de los carpóforos están dentro de lo reportado en trabajos anteriores, sin embargo es necesario realizar un estudio para determinar la composición de aminoácidos presentes en los carpóforos para conocer su valor nutricional.

\* De acuerdo a la capacidad de cada cepa para aprovechar y transformar los materiales presentes en los sustratos a materiales indispensables para su desarrollo, los valores de los constituyentes químicos cuantificados indican que los carpóforos de *Pleurotus* son una buena opción para satisfacer en parte las necesidades nutricionales de la población en los países subdesarrollados.

\* Los hongos comestibles constituye una alternativa en la producción de alimentos en el medio rural porque no afecta los valores, ni las actividades centrales de la vida campesina y tampoco daña su entorno ecológico.

## VIII. RECOMENDACIONES

Las investigaciones en el cultivo de hongos se deben seguir enfocando a la búsqueda de nuevos sustratos para la producción de hongos comestibles, la optimización de rendimientos por unidad de sustrato y al escalamiento y diseño de las unidades de producción.

Se deben estructurar proyectos que tengan como uno de sus objetivos el aprovechamiento de los subproductos para poder ayudar o mejorar tanto la dieta del campesino como la obtención de ingresos mediante la comercialización de los hongos. Así mismo, que permita un manejo más adecuado y eficiente de los subproductos agrícolas.

El tipo de sustrato que se utilice es determinante para la invasión y fructificación del micelio así como para la obtención de eficiencias biológicas altas; este trabajo abre la posibilidad de realizar estudios sobre análisis más profundos en cuanto a la composición de los sustratos aquí utilizados; estudiando la cinética de crecimiento de las cepas empleadas, determinando los porcentajes de lignina, celulosa y hemicelulosa en los sustratos, para conocer como es que el micelio va degradando cada componente del sustrato durante el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

Así como también determinar los caracteres genéticos por los cuales la cepa PLEUS aprovechó de una manera eficiente el sustrato pulpa de café.

En trabajos anteriores se ha propuesto el uso de los subproductos del cultivo de hongos comestibles como abono orgánico y como alimento para ganado, lo cual es importante retomar debido a que los subproductos de este proceso contienen además de la lignina, celulosa, hemicelulosa y proteínas contenidas en los sustratos, los nutrientes del micelio, por lo que el desecho está enriquecido. A este respecto cabe señalar que los trabajos realizados involucran a la pulpa de café prensada y ensilada, no así a la pulpa de café después de que se utilizó como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, de manera que es muy probable que a diferencia de los resultados obtenidos con anterioridad, en un estudio próximo se logre incrementar el pesos de los animales a los cuales se les suministre el alimento enriquecido con el subproducto del cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus*.

Por otro lado debido a que las eficiencias biológicas obtenidas con las "pajillas" son bajas comparadas con las obtenidas por la pulpa de café, esto puede sugerir su utilización en otros campos por ejemplo, en la industria, para su utilización en la producción de furfural el cual es un compuesto orgánico heterocíclico

perteneciente a la familia del furano; ya que como furfural mercaptano, es uno de los constituyentes esenciales del aroma de café tostado.

La mejor alternativa, para estas pajillas, sigue siendo la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus*, debido a que se consiguen gratuitamente en las zonas cafetaleras y en las morteadoras se puede proponer la realización de mezclas de pajillas con pulpa de café o paja de trigo, para aumentar la eficiencia biológica; siempre y cuando se cuente con la infraestructura necesaria para realizar dichos proyectos.

## IX. BIBLIOGRAFIA

Acosta-Urdapilleta, L. 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.

Aguilar, A.; M. S. Hernández y B. S. Ramírez. 1982. Delignificación de rastrojo de maíz por *Pleurotus ostreatus* [Tesis] México, UNAM, Facultad de Química.

Ainsworth, G. C.; Sparrow, S. K. and Sussman, A. S. 1975. *The fungi (An advanced treatise)*. Vol. I, IUB. Academic Press, N. Y.

Alexopoulos, C. J.; Bold, H. C. y Delevoryas, Th. 1989. *Morfología de las plantas y los hongos*. Omega, S.A. Barcelona.

Ander, P. y K. E. Eriksson. 1978. "Lignin Degradation and utilization by microorganisms", en M. J. Bull ed. *Progress in Industrial Microbiology*. Nueva York. Elsevier, pp. 1-58.

Bressani, R.; Estrada, E. y Jarquín, R. 1972. Pulpa y pergamino de café. I Composición Química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. *Turrialba* 22: 290-304.

Campabadal H., C. 1987. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de animales. Simposio: La utilización integral de los subproductos del café. Guatemala. pp 37-44.

Chang, S. T. 1972. *The Chinese Mushroom (Volvariella volvacea) Morphology, Cytology, Genetics, Nutrition and Cultivation* the Chinese University of Hong Kong. 1-4.

Chang, S. y M. Hayes. 1978. *The Biology and Cultivation of Edibles Mushroom*. Academic Press, N. Y. pp.521-557.

Chang, S. T. 1982. Mushroom spawn. In Chang, S. T. and T. H. Quimio (Eds.) *Tropical Mushrooms, biological Nature and Cultivation Methods*. Chinese University Press, Hong Kong.

Chang, S.T. and Milles, P.G. 1986. Mushrooms technology. *Mush. News. Tropics*. 6(4): 6-11.

Deacon, J. W. 1988. Introducción a la micología moderna. Limusa.México. 350p.

De la Torre, L. M. 1985. Aprovechamiento de esquilmos agrícolas y residuos agroindustriales. en: *Prospectiva de la biotecnología en México*. Fundación Barrios sierra, CONACYT, México, D.F. pp.93-103.

De León, R.; Porres, C.; Rolz, C. y Campos, M. 1987. Crecimiento de hongos sobre la pulpa de café. Simposio: La utilización integral de los subproductos del café. Guatemala. pp 76-84.

De León Chocooj, R. A. 1990. Cultivo de los hongos comestibles del género *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer sobre lirio acuático y determinación de metales pesados en las muestras obtenidas. [Tesis]. Facultad de Química. UNAM.

Elías, L. G. 1979. Composición Química de la pulpa de café y otros subproductos. In: Braham, J.E. y R. Bressani (Eds.). *Pulpa de café. composición, tecnología y utilización*. CIID, Bogotá.

Esparza-Martínez, V. M. 1995. Estudio preliminar para la evaluación de la productividad de una cepa comercial de *Pleurotus* en sustratos de paja y rastrojo de maíz, utilizando torretas y literas como soporte. [Tesis] Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Campus Iztacala". UNAM. México.

FAO. *Production Yearboor*. 1977. Roma.

Gaitán-Hernández, R. 1989. Obtención de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer en el laboratorio sobre zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y de encino (*Quercus* sp. L.) [Tesis] Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Gómez-Ramírez, B.C. 1987. Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer sobre desechos de las industrias azucarera y forestal. [Tesis] Facultad de Química UNAM, México.

González M., S. y Peñalosa C., I. 1984. Manual de técnicas en biomoléculas. E.N.E.P. IZTACALA. UNAM. México.

Guzmán-Dávalos, L.; Martínez--Carrera, D.; Morales, P. y Soto, C. 1987. El cultivo de los hongos comestibles (*Pleurotus*) sobre bagazo de maguey en la industria tequilera. *Rev. Mex. Mic.* 3: 47-49.

Guzmán-Dávalos, L.; Soto, C. y Martínez-Carrera, D. 1987. El bagazo de caña de azúcar como substrato para la producción de *Pleurotus* en Jalisco. *Rev. Mex. Mic.* 3: 79-82.

Guzmán-Dávalos, L. y C. Soto-Velazco. 1989. El cultivo de hongos comestibles como una alternativa en el uso de desechos agroindustriales en Jalisco. *Tiempos de Ciencia (Universidad de Guadalajara)* 15 : en prensa.

Guzmán, G. 1981. Hongos de la Península de Yucatan. II nuevas exploraciones y adiciones micológicas. *Blótica*. ( 8) No. 1.

Guzmán, G. y D. Martínez-Carrera. 1985. Planta productora de hongos comestibles sobre pulpa de café. *Ciencia y Desarrollo (CONACYT)* 65:41-48.

Guzmán, G. y D. Martínez-Carrera. 1987. El cultivo de los hongos comestibles sobre la pulpa de café en México. Simposio: La utilización integral de los subproductos del café. Guatemala. pp 68-75.

Guzmán, G. 1990. Identificación de los hongos comestibles, venenosos y alucinantes. Quinta impresión. Limusa. pp. 119-122.

Hirata-Ywasaki, R. M. 1986. Obtención de micelio o "blanco de hongo" de dos especies de hongos comestibles del género *Pleurotus* en el estado de Puebla. [Tesis]

Instituto Mexicano del café (INMECAFE). 1987. Datos estadístico. INMECAFE, Xalapa, Veracruz. Méx.

Jácome-Opoch, B. 1980. Estudio sobre el aprovechamiento integral de algunos subproductos del café. [Tesis]. Facultad de Química Universidad Veracruzana. Orizaba, Ver.

Jarquín, R. 1987. Alimentación de animales con pulpa de café. Simposio: La utilización integral de los subproductos del café. Guatemala. 45-53.

Khanna, P. y Garcha, H. A. 1981. Introducing the Cultivation of *Pleurotus florida* in the plains of India. In N. G. Nair y A. Dcliff Eds., *Mushroom Science XI Proceedings of the Eleventh International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi*. Sidney, Australia. Asociación Australiana de Cultivadores de Hongos. pp.655-665.

Kirk, T. K.; W. J. Connors y J. G. Zieikus. 1977. "Advences in Understanding the Microbiological Degradation of Lignin", en F. A. Loewus y U. C. Runeckles, eds. Recent Advences of Phytochemistry. Vol. 11. The Structure Biosynthesis and Degradation of Wood. N. Y. Plenum Press.

Leal-Lara, H. 1985. La utilización microbiológica de desperdicios lignocelulósicos. Potenciales y Perspectivas. En: Prospectiva de la Biotecnología en México. Fundación Barrios Sierra, CONACYT, México. D. F.

Leal-Lara, H. 1985. El cultivo del champiñón y otros macromicetos comestibles. En: Prospectiva de la Biotecnología en México. CONACYT, México. D. F.

Martínez-Carrera, D. C. 1983. Obtención y caracterización de cepas nativas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer en diferentes medios de cultivo. [Tesis]. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Veracruzana.

Martínez, D.; Quirarte, M.; Soto, C.; Salmones, D. y Guzmán, G. 1984. Perspectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales en México. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 19: 207-219.

Martínez-Carrera, D., C. Soto y G. Guzmán. 1985. The effect of fermentation of coffe pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in México. *Mush. News. Tropc.* 6: 21-28.

Martínez-Carrera, D. 1987. Design of a mushroom farm for growing *Pleurotus* on coffe pulp. *Mush. Jour. Tropc.* 7: 13-23.

Martínez-Carrera, D.; Soto, C.; Morales, P. y G. Guzman. 1988. El cultivo de hongos comestibles. *Ciencia.* 39:217-221.

Martínez-Carrera, D. y Morales, P. 1988. Variación morfológica y fisiológica de *Pleurotus ostreatus* en la región de Xalapa, Veracruz, México. *Mic. Neotrp. Aplic.* 1: 71-78.

Martínez-Carrera, D. y Larqué-Saavedra, A. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. *Ciencia y Desarrollo.* 95:53-64.

Martínez-Carrera, D.; Morales, P. y M. Sobal. 1990. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña de azúcar enriquecido con pulpa de café o paja de cebada. *Mic. Neotrp. Aplic.* 3:49-52.

✓ Martínez-Carrera, D.; Leben, R.; Morales, P.; Sobal, M. y Larqué-Saavedra, A. 1991. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo*. 96: 33-43.

Morales-Holguin, J. J. 1987. Avance sobre el tratamiento de aguas residuales del beneficiado del café. Simposio: La utilización integral de los subproductos del café. Guatemala. pp 99-105.

Nava-Salinas, M.G. 1990. Detoxificación de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) por fermentación sólida. [Tesis] Facultad de Química, UNAM. México.

Nahón, V. D. 1981. Obtención de biomasa fúngica (*Pleurotus ostreatus*) utilizando como fuente energética agua de coco. [Tesis] México. UNAM. Facultad de Química. pp.7-9.

Platt, M. W.; Chet, I. y Henis, Y. 1981. Lignocellulose degradation during growth of the mushroom *Pleurotus* sp. "florida" on cotton straw. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotech.* 13: 294-295.

Ramírez-Carrilla, R. 1985. Producción y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* capaces de producir degradación selectiva de la lignocelulosa. [Tesis] México. UNAM. Facultad de Ciencias.

Rivera R., K. 1987. Experiencias sobre el aprovechamiento de la pulpa de café. Simposio: La utilización integral de los subproductos del café. Guatemala. pp 23-29.

Sánchez-López, M. S. y N. Zúñiga-Cordova. 1991. Cultivo e industrialización comercial del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer en la zona de Cordoba-Orizaba, Ver. [Tesis]. Facultad de biología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

SEDUE. 1990. Manejo y esquema de solución para el control de la contaminación en la industria del beneficio del café. Informe final.

Soto-Velazco, C. 1985. Efecto de la fermentación aerobia de la pulpa de café en el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. [Tesis] Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.

✓ Soto-Velazco, C. 1986. La producción de los hongos comestibles sobre la pulpa de café en la región de Xalapa-Coatepec, Veracruz, durante 1985-1986. *Rev. Mex. Mic.* 2: 437-341.

✓ Soto, C.; Martínez-Carrera, D.; Morales, P. y Sóbai, M. 1987. La pulpa de café secada al sol como una forma de almacenamiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Rev. Mex. Mic.* 3:133-136.

Soto-Velazco, C.; Guzmán-Dávalos, L. y Rodríguez, O. 1989. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo. *Rev. Mex. Mic.* 5. 97-101.

Tchierpe, H.J. y K. Hartman. 1977. A comparison of different growing methods. *Mush. Jour.* 60:404-416.

Valencia del Toro, G.; Garín A., M. E. y González V. del M., S. 1990. Utilización de lirio acuático *Eichhornia crassipes* como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. **XI Congreso Mexicano de Botánica**. Oaxtepec, Morelos, Méx.

Valencia del Toro, G.; Garín A., M. E. y Esparza-Martínez, V. M. 1993. Utilización de literas y torretas como soporte para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. **Primer Simposio sobre Hongos Comestibles**. Memorias. México.

Valencia del Toro, G.; Garín A., M. E., y Rodríguez P., E. G. 1995. Análisis químico proximal del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado en pasto. **Productos Naturales** vol. 2. UAM IZTAPALAPA. ISBN en trámite.

Zadrazil, F. 1974. The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *P. eryngii*. *Mushroom Science*. 9(1): 621-652. (Mushroom Researche Ins Tokio).

Zadrazil, F. y Kutzman, R. H. Jr. 1982. The biology of *Pleurotus* cultivation in the tropics. In: S. T. Chang y T. H. Quimio, Eds., *Tropical Mushrooms Biological Nature and Cultivation Methods*. The Chenesse University Press. Hong Kong. pp.277-297.

Zedillo, L. E. 1986. Aprovechamiento de los subproductos de la caña de azúcar en México. Situación actual y perspectivas. Seminario Interamericano de la caña de azúcar. Miami.

**APENDICE I**



## DESCRIPCION Y CICLO DE VIDA DE *Pleurotus ostreatus* (Jaq. ex Fr.)Kummer

El *Pleurotus ostreatus*, es un hongo con sombrero liso, a veces algo escamoso hacia el centro o base; de 5 a 10 cm de ancho ( o hasta 15 cm) grisáceo o café grisáceo con tonos oreflejos matálicos. Sus láminas son blancas o rosa amarillento en seco, poco o nada unidas entre sí en la base; más o menos delgadas y con bordes lisos. No tienen pie o este es muy corto y mal definido. Carne blanca, carnosa-correosa, con olor y sabor agradables. Crece en grandes conjuntos sobre troncos tirados o árboles en zonas tropicales, subtropicales o bosques de pino y encino; a veces sobre chopos, sauces y fresnos (Guzmán, 1990)

La estructura visible conocida vulgarmente como "hongo" o, científicamente como cuerpo fructificante no es sino una de las etapas del ciclo de vida del hongo que corresponde a su fase de reproducción sexual. Por pertenecer a los basidiomicetos, sus esporas reciben el nombre se basidiosporas, localizadas en la parte externa de una estructura especializada productora de esporas, llamado basidio. Las basidiosporas son generalmente uninucleadas y haploides y estas son resultantes de cariogamia y meiosis. Fuera del alcance visual directo permanece casi la totalidad de su estructura vegetativa o micelio, la cual se forma durante la etapa de desarrollo vegetativo. El micelio es similarmente funcional al sistema reticular (raíces) de los vegetales ya que la absorción de nutrientes se realiza por su conducto, además tiene como función la sujeción de los cuerpos fructificantes al suelo (Leal-Lara,1985).

El micelio de la mayoría de los basidiomicetos pasa por tres estados distintos de desarrollo; primario, secundario y terciario, para que el hongo complete su ciclo de vida. El micelio primario generalmente se desarrolla a partir de la germinación de la basidiospora. Al principio puede ser multinucleado ya que el núcleo o los núcleos de la basidiospora se divide muchas veces a medida que el tubo germinativo emerge de la espora y comienza a crecer. La fase multinucleada del micelio primario es corta porque pronto se forman los tabiques que dividen al micelio en células uninucleadas. En algunas especies la formación de tabique comienza una vez terminada la primera división de los núcleos de la espore de modo que el micelio primario es tabicado y uninucleado desde el principio. El micelio secundario se origina del micelio primario. Las células son típicamente binucleadas. El estado binucleado comienza cuando se fusionan los protoplastos de dos células uninucleadas, sin que haya cariogamia, después de la plasmogamia. La célula binucleada que así se forma produce una rama a la cual emigra el par nuclear; los núcleos se dividen conjuntamente y los núcleos hermanos se distribuyen en las dos células hijas para iniciar así el micelio binuclear. El micelio terciario esta representado por los tejidos especializados que se originan para formar los cuerpos fructificantes de los basidiomicetos superiores.

Las células del micelio terciario son uninucleadas. Los basidiomicetos superiores producen sus basidios en cuerpos fructíferos altamente organizados de varios tipos. El basidio se origina como célula terminal en una hifa binucleada y se halla separado de la misma por un tabique a cuyo lado generalmente se encuentra una fibula. Al principio el basidio es angosto y corto, pronto se agranda y se hace más ancho. En tanto tienen lugar estos cambios externos, dentro del basidio joven se fusionan los dos núcleos (cariogamia) y el núcleo zigótico pronto sufre meiosis, dando lugar a cuatro núcleos haploides. Entre tanto, emergen cuatro esterigmas en el extremo del basidio y sus extremos se agrandan para formar los esbozos de las basidiosporas. Los cuatro núcleos pasan a los jóvenes basidiosporas, que van a completar su desarrollo como células uninucleadas haploides (Aguilar et al., 1982) el ciclo de vida de los hongos superiores implica, entonces, una sucesión de etapas que va desde la germinación de las esporas hasta la formación de cuerpos fructificantes.

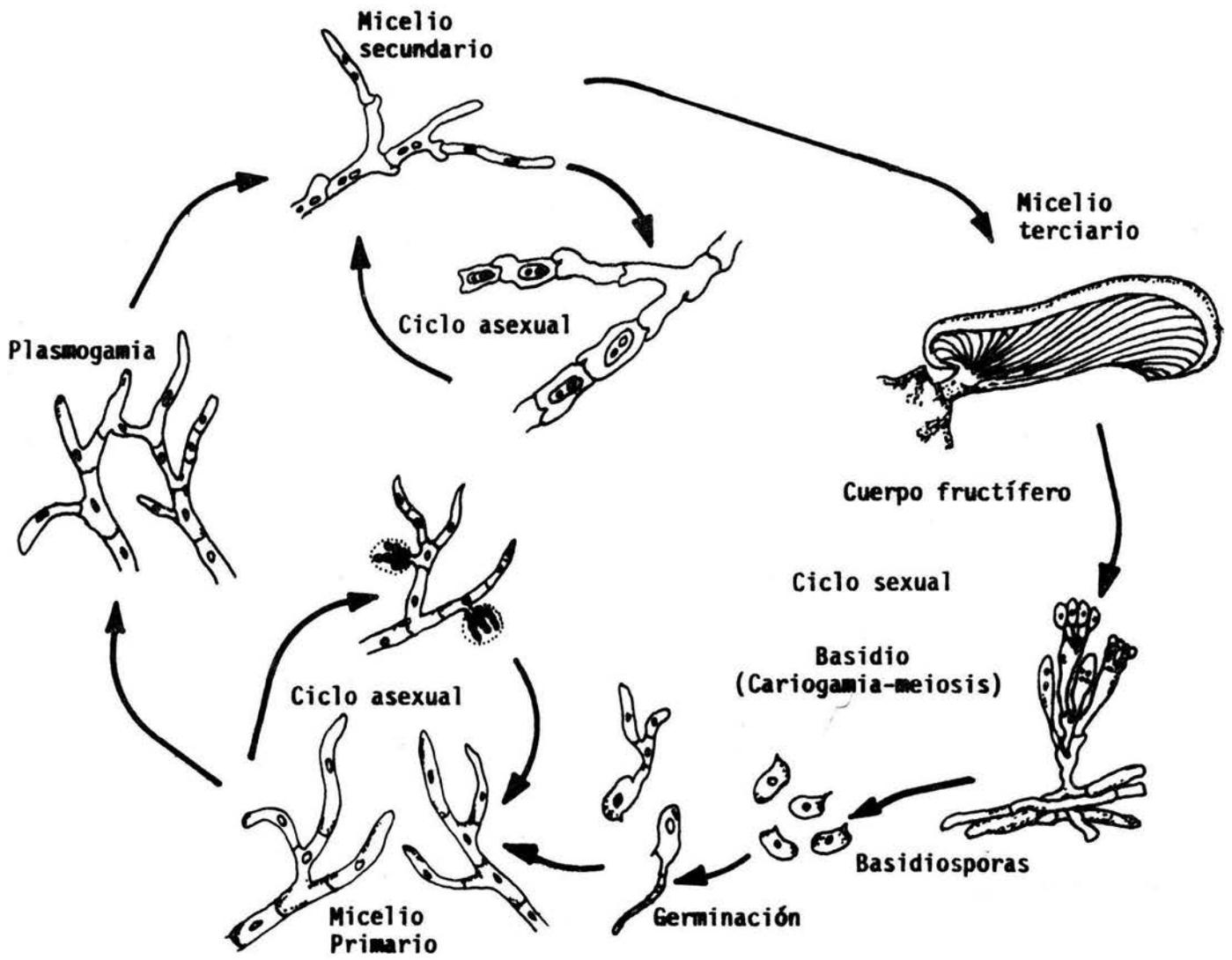


FIGURA 14. Ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer

Fuente: Martínez-Carrera, 1985.

**APENDICE II**

VALORES DE SIGNIFICANCIA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

CUADRO 13. Análisis de varianza de una vía de los porcentajes de eficiencia biológica para cada uno de los cuatro sustratos utilizados con respecto a las tres cepas estudiadas.

SUSTRATOS	CEPAS	VALOR DE &
PAJA DE TRIGO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.3062
PULPA DE CAFE	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0080
CAPULIN	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.1236
PERGAMINO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0552

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 5.

CUADRO 14. Análisis de varianza de una vía de los porcentajes de eficiencia biológica para cada una de las tres cepas con respecto a los cuatro sustratos estudiados.

CEPAS	SUSTRATOS	VALOR DE &
LEBEN	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
INIREB-8	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
PLEUS	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 5.

CUADRO 15. Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino con las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con respecto a la determinación de humedad.

SUSTRATOS	CEPAS	VALOR DE &
PAJA DE TRIGO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0003
PULPA DE CAFE	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0414
CAPULIN	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0004
PERGAMINO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0435

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 16. Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, respecto a la determinación de humedad.

CEPAS	SUSTRATOS	VALOR DE &
LEBEN	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
INIREB-B	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
PLEUS	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 17. Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino con las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con respecto a la determinación de proteínas.

SUSTRATOS	CEPAS	VALOR DE &
PAJA DE TRIGO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000
PULPA DE CAFE	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0082
CAPULIN	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000
PERGAMINO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0578

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 18. Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, respecto a la determinación de proteínas.

CEPAS	SUSTRATOS	VALOR DE &
LEBEN	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
INIREB-8	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
PLEUS	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0001

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 19. Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino con las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con respecto a la determinación de grasas.

SUSTRATOS	CEPAS	VALOR DE &
PAJA DE TRIGO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0105
PULPA DE CAFE	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000
CAPULIN	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000
PERGAMINO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 20. Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, respecto a la determinación de grasas.

CEPAS	SUSTRATOS	VALOR DE &
LEBEN	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
INIREB-8	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
PLEUS	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 21. Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino con las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con respecto a la determinación de fibra cruda.

SUSTRATOS	CEPAS	VALOR DE &
PAJA DE TRIGO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0054
PULPA DE CAFE	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.9375
CAPULIN	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0028
PERGAMINO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.1293

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 22. Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, respecto a la determinación de fibra cruda.

CEPAS	SUSTRATOS	VALOR DE &
LEBEN	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0049
INIREB-8	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0035
PLEUS	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.3439

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 23. Análisis de varianza de una vía para los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino con las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con respecto a la determinación de cenizas.

SUSTRATOS	CEPAS	VALOR DE &
PAJA DE TRIGO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0085
PULPA DE CAFE	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000
CAPULIN	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000
PERGAMINO	LEBEN-INIREB-PLEUS	0.0000

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.

CUADRO 24. Análisis de varianza de una vía para las tres cepas LEBEN, INIREB y PLEUS con los sustratos paja, pulpa, capulín y pergamino, respecto a la determinación de cenizas.

CEPAS	SUSTRATOS	VALOR DE &
LEBEN	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
INIREB-8	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0000
PLEUS	PAJA-PULPA-CAPULIN-PERGAMINO	0.0010

Nota: Valor de significancia de 0.05, con n= 3.