



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

**POSGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA
REGIONAL**

**DESARROLLO DE UN PROCESO BIOTECNOLÓGICO PARA LA
PRODUCCIÓN DE VARIEDADES ESPECIALES DE HONGOS
COMESTIBLES (*PLEUROTUS*, *LENTINULA*, *HYPsizYGUS*), EMPLEANDO
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y OTROS SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS
Y FORESTALES COMO SUSTRATO DE CULTIVO**

DANIEL SIHUANCA MENDOZA

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2011



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03 ANEXO

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Daniel Sihuancá Mendoza** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección de la Profesora Consejera **Dra. Mercedes Sobal Cruz**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Desarrollo de un proceso biotecnológico para la producción de variedades especiales de hongos comestibles (*Pleurotus*, *Lentinula*, *Hypsizygus*), empleando bagazo de caña de azúcar y otros subproductos agrícolas y forestales como sustrato de cultivo** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, la Consejera y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Pue., a 1 de febrero de 2011

Daniel Sihuancá Mendoza

Firma

Mercedes Sobal Cruz

Vo. Bo. Profesora Consejera

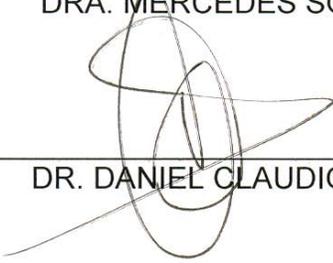
La presente tesis, titulada: **Desarrollo de un proceso biotecnológico para la producción de variedades especiales de hongos comestibles (*Pleurotus*, *Lentinula*, *Hypsizygus*)**, empleando bagazo de caña de azúcar y otros subproductos agrícolas y forestales como sustrato de cultivo, realizada por el alumno: **Daniel Sihuanca Mendoza**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA 
DRA. MERCEDES SOBAL CRUZ

ASESOR: 
DR. DANIEL CLAUDIO MARTÍNEZ CARRERA

ASESOR: 
DR. PORFIRIO MORALES ALMORA

ASESOR: 
DR. ANTONIO MACÍAS LÓPEZ

ASESOR: 
DR. HERMILO LEAL LARA

H. Puebla de Zaragoza, febrero 2011

DESARROLLO DE UN PROCESO BIOTECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE VARIEDADES ESPECIALES DE HONGOS COMESTIBLES (*PLEUROTUS*, *LENTINULA*, *HYPsizYGUS*), EMPLEANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y OTROS SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS Y FORESTALES COMO SUSTRATO DE CULTIVO

Daniel Sihuana Mendoza
Colegio de Postgraduados, 2011

Resumen

Se evaluó la tasa de crecimiento micelial (k_r) de 5 especies del género *Pleurotus* (*Pleurotus* spp., *P. ostreatus*, *P. levis*, *P. pulmonarius* y *P. djamor*), 2 de *Hypsizygus* (*H. marmoreus* y *H. tessulatus*) y una de *Lentinula* (*L. edodes*) en los medios de cultivo BFS (All Bran, agar bacteriológico y extracto de malta), EMA (extracto de malta y agar) y PDA (papa dextrosa agar). Asimismo, se cultivaron en 5 formulaciones a base de aserrín de encino, aserrín de *Bursera*, olote de maíz y bagazo de caña de azúcar. Las especies con mayor k_r fueron las cepas CP-253 de *Pleurotus djamor* y la cepa CP-267 de *P. pulmonarius* (8.0 mm/d) en el medio de cultivo BFS y, por otro lado en la formulación COLPOS-17 y COLPOS-18 con las cepas CP-253 de *P. djamor* y CP-267 de *P. pulmonarius*. El mejor crecimiento micelial en las unidades de producción fue en la formulación COLPOS-17 y COLPOS-20, mientras que en el caso de la COLPOS-19 el mejor crecimiento se presentó en las cepas CP-267 de *P. pulmonarius*, CP-253 de *P. djamor* y CP-50 de *P. ostreatus* (9.6, 9.27 y 7.62 mm/d, respectivamente). La mayor eficiencia biológica (EB) se obtuvo en la cepa CP-7 de *L. edodes* en la formulación COLPOS-17 (suplementada con bagazo de caña) con un 40.7%, así como en la cepa CP-30 de *P. levis* con 105% en la formulación COLPOS-22 (sin suplemento). Se discuten dos paquetes tecnológicos desarrollados para los hongos comestibles *P. levis* y *L. edodes*, factibles de ser implementados en las regiones cañeras de México.

Palabras clave: *Pleurotus*, *Lentinula*, *Hypsizygus*, tasa de crecimiento, producción, bagazo de caña de azúcar.

**BIOTECHNOLOGY DEVELOPMENT PROCESS FOR THE PRODUCTION OF
SPECIALTY MUSHROOMS (*Pleurotus*, *Lentinula*, *Hypsizygus*) USING AS A
SUBSTRATE SUGAR BAGASSE CANE AND OTHER AGRICULTURAL AND FOREST
BYPRODUCTS**

Daniel Sihanca Mendoza
Colegio de Postgraduados, 2011

Abstract

The mycelial growth rate (kr) of five species of *Pleurotus* (*Pleurotus* spp., *P. ostreatus*, *P. levis*, *P. pulmonarius* and *P. djamor*), two species of *Hypsizygus* (*H. marmoreus* and *H. tessulatus*) and one of *Lentinula* (*L. edodes*) in culture media BFS (All Bran, bacteriological agar and malt extract), EMA (malt extract and agar) and PDA (potato dextrose agar) was evaluated. The five species were grown on 5-based formulation of oak sawdust, *Bursera* sawdust, corn cobs and sugar cane bagasse. The highest kr was obtained with the strains CP-253 of *P. djamor* and CP-267 of *P. pulmonarius* (8.0 mm/d) on BFS medium. While in the formulations COLPOS-17 and COLPOS-18 was with the strains CP-253 of *P. djamor* and CP-267 of *P. pulmonarius*. The best mycelial growth in the production units was in formulations COLPOS-17 and COLPOS-20, whereas in the case of COLPOS-19 the best micelial growth was observed in the strains CP-267 of *P. pulmonarius*, CP-253 *P. djamor* and CP-50 of *P. ostreatus* (9.6, 9.27 and 7.62 mm/d, respectively). The highest biological efficiency (BE) was obtained in the strain CP-7 of *L. edodes* in the formulation COLPOS-17 (supplemented with sugar cane bagasse) with 40.7%, as well as the strain CP-30 of *P. levis* with 105% in the formulation COLPOS-22 (not supplemented). The development of two technology packages developed for the edible mushrooms *P. levis* and *L. edodes*, that can be implemented in sugarcane regions of Mexico are discussed.

Keywords: *Pleurotus*, *Lentinula*, *Hypsizygus*, mycelial growth rate, edible mushroom production, sugar cane baggase.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre, por su apoyo incondicional durante mis estudios, ya que siempre ha formado parte fundamental en mi vida y la razón principal de mi formación profesional, gracias por los consejos, por el esfuerzo y por creer en mí en cada momento.

A las personas integrantes de mi Consejo Particular por el esfuerzo, la dedicación, el tiempo y el apoyo que me han brindado, y sobre todo por la paciencia para conmigo.

A la QFB Verónica García Galicia por su amor y paciencia brindados en todos los momentos difíciles y en los momentos de alegría.

A todos los compañeros y amigos del laboratorio de hongos comestibles del Colegio de Postgraduados, quienes de alguna manera me han acompañado y ayudado para concretar con este trabajo de investigación.

También expreso mi agradecimiento al Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para realizar mis estudios de postgrado.

INDICE	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO DE REFERENCIA.....	2
2.1. Caña de azúcar.....	2
2.2. Historia de la caña de azúcar.....	3
2.3. Producción mundial de azúcar.....	4
2.4. Producción de caña de azúcar en México.....	5
2.5. Composición química de la caña de azúcar.....	7
2.6. Bagazo de caña de azúcar.....	8
2.6.1. Celulosa.....	8
2.6.2. Hemicelulosa.....	9
2.6.3. Lignina.....	9
2.7. Utilidad del bagazo de caña.....	10
2.8. Organismos cultivados en bagazo de caña.....	11
2.9. Producción de hongos comestibles en México.....	14
2.9.1. Descripción de algunas especies cultivadas de hongos comestibles....	14
2.9.2. Sustratos utilizados en la producción de hongos comestibles.....	17
2.9.3. Tratamientos térmicos del sustrato para la producción de hongos comestibles.....	18
2.10. Ubicación taxonómica de las especies estudiadas.....	19
2.10.1. <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
2.10.2. <i>Lentinula edodes</i>	21
2.10.3. <i>Hypsizygus</i>	22
2.11. Ciclo de vida de los Basidiomycetes.....	22
2.12. Valor nutricional de los hongos comestibles.....	23
2.12.1. Valor nutricional de <i>Pleurotus</i>	24
2.12.2. Valor nutricional de <i>Lentinula edodes</i>	25
2.13. Propiedades medicinales en hongos comestibles.....	26
2.13.1. Propiedades medicinales de <i>Lentinula edodes</i>	26
2.13.2. Propiedades medicinales de <i>Pleurotus ostreatus</i>	29
3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	32
3.1. Desarrollo.....	32
3.2. Desarrollo sustentable.....	33
3.3. Biotecnología.....	33
3.3.1. Aplicaciones.....	34
3.3.2. Biotecnología de los hongos comestibles.....	35

3.4.	Contribución de los hongos comestibles al desarrollo.....	37
3.5.	Mercado de hongos comestibles en México.....	43
3.5.1.	Plaza o distribución del hongo.....	43
3.6.	Paquete tecnológico.....	44
3.6.1.	Características de un paquete tecnológico.....	45
4.	JUSTIFICACIÓN.....	47
5.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	48
6.	HIPOTESIS.....	49
7.	OBJETIVOS.....	50
7.1.	Objetivo general.....	50
7.2.	Objetivos particulares.....	50
8.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
8.1.	Material biológico.....	51
8.2.	Mantenimiento de las cepas seleccionadas.....	52
8.3.	Crecimiento micelial de las cepas en tres medios de cultivo.....	52
8.4.	Crecimiento micelial de las cepas en mezclas de sustratos.....	53
8.5.	Evaluación de la producción de las cepas estudiadas.....	54
8.5.1.	Preparación de inóculo de las cepas estudiadas.....	55
8.5.2.	Evaluación de la producción.....	56
8.5.3.	Medición del pH en los sustratos.....	58
8.5.4.	Variables a estudiar.....	58
8.5.5.	Calidad de los cuerpos fructíferos.....	59
8.6.	Manejo de datos y análisis estadístico.....	59
9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
9.1.	Crecimiento micelial de las cepas en tres medios de cultivo.....	60
9.1.1.	Tasa de crecimiento micelial.....	61
9.1.2.	Características morfológicas de las cepas cultivadas en medios de cultivo.....	65
9.1.3.	pH de los medios de cultivo.....	67
9.2.	Tasa de crecimiento micelial en sustrato sólido.....	70
9.2.1,	pH de las formulaciones después de evaluar la tasa de crecimiento...	71
9.2.2	Características morfológicas de las cepas estudiadas en las formulaciones.....	73
9.3.	Evaluación de la producción de las cepas cultivadas.....	77
9.3.1.	Características de los ingredientes usados en las formulaciones.....	77
9.3.2.	Características de las formulaciones.....	77

9.3.3.	Evaluación y características de la producción de las cepas estudiadas.....	78
9.3.3.1.	Cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	78
9.3.3.1.1.	Evaluación de la producción.....	81
9.3.3.1.2.	Calidad de los cuerpos fructíferos.....	84
9.3.3.1.3.	Características morfológicas de los cuerpos fructíferos.....	85
9.3.3.1.4.	Características físicas de los hongos frescos producidos.....	86
9.3.3.2.	Cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	87
9.3.3.2.1.	Evaluación de la producción.....	89
9.3.3.2.2.	Características morfológicas de los cuerpos fructíferos.....	92
9.3.3.2.3.	Características físicas de los hongos frescos.....	92
9.3.3.3.	Cepa CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i>	93
9.3.3.3.1.	Evaluación de la producción.....	95
9.3.3.3.2.	Características morfológicas de los cuerpos fructíferos.....	97
9.3.3.3.3.	Características físicas presentes en las diferentes formulaciones.....	98
9.3.3.4.	Cepa CP-98 de <i>Pleurotus sp</i>	98
9.3.3.4.1.	Evaluación de la producción.....	100
9.3.3.4.2.	Características morfológicas de los cuerpos fructíferos.....	102
9.3.3.4.3.	Características físicas de los hongos frescos.....	102
9.3.3.5.	Cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	103
9.3.3.5.1.	Evaluación de la producción en las diferentes formulaciones.....	105
9.3.3.5.2.	Características morfológicas de los cuerpos fructíferos.....	107
9.3.3.5.3.	Características físicas de los hongos frescos.....	108
9.3.3.6.	Cepa CP-267 de <i>Pleurotus pulmonarius</i>	108
9.3.3.6.1.	Evaluación de la producción en las diferentes formulaciones.....	110
9.3.3.6.2.	Características morfológicas de los cuerpos fructíferos.....	113
9.3.3.6.3.	Características físicas de los hongos frescos.....	113
9.3.3.7.	Invasión micelial y aparición de primordios.....	114
9.3.3.8.	Eficiencias biológicas en los tratamientos.....	115
9.3.3.9.	Características del sustrato residual después de la producción de los hongos comestibles estudiados.....	117
9.3.3.10.	Sustrato consumido por la cepa CP-30 de <i>P. levis</i>	119
10.	CONCLUSIONES.....	121
11.	PAQUETE TECNOLÓGICO.....	123
11.1.	Características de los paquetes tecnológicos.....	124
12.	ESTRATEGIA.....	126

12.1	Objetivo de la estrategia.....	127
12.2	Aplicación del método estratégico.....	128
12.2.1.	Aplicación del paquete tecnológico.....	129
12.2.2.	Instancias gubernamentales.....	129
12.2.3.	Organizaciones.....	130
12.2.4.	Producción.....	131
12.2.5.	Análisis de mercado.....	132
13.	LITERATURA CITADA.....	134
ANEXO A	143

LISTA DE TABLAS		Página
Tabla 1.	Producción de azúcar a nivel mundial	4
Tabla 2.	Producción de azúcar por entidad federativa en el 2004.....	5
Tabla 3.	Producción de caña y el valor en miles de pesos	6
Tabla 4.	Composición química de la caña de azúcar	7
Tabla 5.	Composición química del bagazo de caña de azúcar	8
Tabla 6.	Residuos de la caña de azúcar	10
Tabla 7.	Producción de caña y el porcentaje de bagazo producido por cada zafra desde 1995 hasta 2005.....	10
Tabla 8.	Especies de bacterias cultivadas en bagazo de caña.....	11
Tabla 9.	Hongos cultivados en bagazo de caña y los productos elaborados de la actividad de éstos.....	13
Tabla 10.	Ubicación taxonómica de las especies del género <i>Pleurotus</i>	20
Tabla 11.	Ubicación taxonómica de <i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler.....	21
Tabla 12.	Ubicación taxonómica de <i>Hypsizygyus marmoreus</i> (Peck) H. E. Bigelowr. e <i>H. tessulatus</i> (Bull.) Singer.....	22
Tabla 13.	Valor nutricional de los hongos utilizados en esta investigación.....	25
Tabla 14.	Contenido vitamínico de los hongos utilizados en esta investigación...	26
Tabla 15.	Procedencia de las diferentes cepas de los géneros <i>Pleurotus</i> , <i>Hypsizygyus</i> y <i>Lentinula</i> utilizados en este trabajo de investigación.....	52
Tabla 16.	Formulación de los sustratos a base de aserrín de encino, <i>Bursera</i> , olote de maíz y bagazo de caña de azúcar para la producción de <i>Pleurotus</i> , <i>Hypsizygyus</i> y <i>Lentinula</i>	57
Tabla 17.	Tasa de crecimiento micelial (k_r) de las cepas en medio de cultivo All Bran, agar bacteriológico y extracto de malta (BFS) con las cepas estudiadas.....	62
Tabla 18.	Tasa de crecimiento micelial (k_r) de las cepas en medio de cultivo extracto de malta agar (EMA).....	63
Tabla 19.	Análisis de varianza del crecimiento micelial de las cepas utilizadas en este trabajo de investigación entre dos medios de cultivo.....	63
Tabla 20.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial de las cepas empleadas en el trabajo de investigación.....	64
Tabla 21.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de los medios de cultivo empleados en el trabajo de investigación.....	65
Tabla 22.	Características miceliales de los hongos estudiados en medios de cultivo a nivel de laboratorio.....	66

Tabla 23.	pH del medio de cultivo All bran, agar bacteriológico y extracto de malta (BFS) con las diferentes cepas durante la cinética de crecimiento micelial.....	67
Tabla 24.	pH del medio de cultivo extracto de malta agar (EMA) con las cepas estudiadas a diferentes días.....	68
Tabla 25.	Tasa de crecimiento micelial de las cepas estudiadas del género <i>Pleurotus</i> , <i>Hypsizygus</i> y <i>Lentinula</i> en 5 diferentes formulaciones.....	71
Tabla 26.	pH y temperaturas en el crecimiento micelial de las cepas cultivadas en las cinco diferentes formulaciones.....	72
Tabla 27.	Características morfológicas de las cepas estudiadas en 5 diferentes formulaciones a los 14 días de incubación.....	75
Tabla 28.	Valor de pH y contenido de humedad de los principales ingredientes que se usaron para elaborar las formulaciones en este trabajo de investigación.....	77
Tabla 29.	pH y porcentaje de humedad en la diferentes formulaciones.....	78
Tabla 30.	Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-7 de <i>L. edodes</i> en las diferentes formulaciones.....	78
Tabla 31.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en los tratamientos empleados en la producción de la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	79
Tabla 32.	Aparición de costra café de las unidades de producción de la cepa CP-7 de <i>L. edodes</i> en diferentes formulaciones.....	79
Tabla 33.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de la costra café en los diferentes tratamientos empleados en la producción de la cepa de <i>Lentinula edodes</i> (CP-7)	80
Tabla 34.	Análisis de varianza de la aparición de primordios en días, de las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	80
Tabla 35.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del tiempo de aparición de primordios en días de las diferentes formulaciones empleadas en la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	81
Tabla 36.	Análisis de varianza del número de primordios de la cepa CP-7 de <i>L. edodes</i> por unidades de producción en los diferentes tratamientos.....	82
Tabla 37.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del número de primordios de las diferentes formulaciones en la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	83
Tabla 38.	Análisis de varianza de la eficiencia biológica de la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i> por unidades de producción de las diferentes formulaciones.....	84

Tabla 39.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de la cepa de <i>Lentinula edodes</i> (CP-7) por unidades de producción en las diferentes formulaciones.....	84
Tabla 40.	Calidad de los cuerpos fructíferos en cada una de las unidades de producción en el cultivo de la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	85
Tabla 41.	Características de los cuerpos fructíferos obtenidos de la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	86
Tabla 42.	Características físicas de los hongos frescos obtenidos en cada una de las unidades de producción utilizadas para cultivar la cepa CP-7 de <i>Lentinula edodes</i>	87
Tabla 43.	Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i> en las diferentes formulaciones.....	87
Tabla 44.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en las formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	88
Tabla 45.	Análisis de varianza de la aparición de primordios (días) de las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	88
Tabla 46.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios (días) de las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	89
Tabla 47.	Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i> en las diferentes formulaciones.....	91
Tabla 48.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de las unidades de producción y con las diferentes formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	91
Tabla 49.	Características presentes en los cuerpos fructíferos de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i> en las diferentes formulaciones.....	92
Tabla 50.	Características físicas de los hongos frescos de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	93
Tabla 51.	Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-50 de <i>P. ostreatus</i> en las diferentes formulaciones.....	93
Tabla 52.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial de la cepa CP-50 de <i>P. ostreatus</i> en las diferentes formulaciones.....	94
Tabla 53.	Análisis de varianza de la aparición de primordios (días) de las unidades de producción con los diferentes tratamientos en el cultivo de la cepa CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i>	94

Tabla 54.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios (días) con las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-50 de <i>P. ostreatus</i>	95
Tabla 55.	Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i> en las diferentes formulaciones.....	96
Tabla 56.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica en la producción de la cepa CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i> en las diferentes formulaciones.....	97
Tabla 57.	Características de los cuerpos fructíferos de la cepa de <i>Pleurotus ostreatus</i> (CP-50) en las diferentes formulaciones.....	97
Tabla 58.	Características físicas de los hongos en fresco de la cepa CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i>	98
Tabla 59.	Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp. en las diferentes formulaciones.....	99
Tabla 60.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en las formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp.....	99
Tabla 61.	Análisis de varianza de la aparición de primordios en las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en el cultivo de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp.....	99
Tabla 62.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios en días de las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp.....	100
Tabla 63.	Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de las diferentes formulaciones.....	101
Tabla 64.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica con los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp.....	102
Tabla 65.	Características presentes en los cuerpos fructíferos de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp. en las diferentes formulaciones.....	102
Tabla 66.	Características físicas de los hongos frescos de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp.....	103
Tabla 67.	Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i> en las diferentes formulaciones.....	103
Tabla 68.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en las formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	104

Tabla 69.	Análisis de varianza de la aparición de primordios en días de las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en el cultivo de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	104
Tabla 70.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios en días de las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	105
Tabla 71.	Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de las diferentes formulaciones.....	106
Tabla 72.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de las unidades de producción en las diferentes formulaciones empleadas en el cultivo de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	107
Tabla 73.	Características presentes en los cuerpos fructíferos de la cepa CP-253 de <i>P. djamor</i> en las diferentes formulaciones.....	107
Tabla 74.	Características físicas de los hongos frescos de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	108
Tabla 75.	Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-267 de <i>P. pulmonarius</i> en las diferentes formulaciones.....	109
Tabla 76.	Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial de la cepa CP-267 de <i>P. pulmonarius</i> en las diferentes formulaciones.....	109
Tabla 77.	Análisis de varianza de la aparición de primordios en las unidades de producción de las diferentes formulaciones en el cultivo de la cepa CP-267 de <i>P. pulmonarius</i>	110
Tabla 78.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios en días de las diferentes fórmulas en la producción de la cepa CP-267 de <i>P. ostreatus</i>	110
Tabla 79.	Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-267 de <i>Pleurotus pulmonarius</i> en las diferentes formulaciones.....	112
Tabla 80.	Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-267 de <i>P. pulmonarius</i> en las diferentes formulaciones.....	112
Tabla 81.	Características de los cuerpos fructíferos de la cepa de <i>P. pulmonarius</i> (CP-267) en las diferentes formulaciones.....	113
Tabla 82.	Características físicas de los hongos frescos de la CP-267 de <i>P. pulmonarius</i> en las diferentes formulaciones.....	114
Tabla 83.	Invasión micelial, aparición de primordios (AP) en las diferentes formulaciones usadas para cultivar los hongos comestibles del género <i>Pleurotus</i> y <i>Lentinula</i>	115

Tabla 84.	ANOVA con diferencia significativa y Prueba de rangos múltiples (p<0.05) de las eficiencias biológicas (EB) en las diferentes formulaciones y con las 5 especies de hongos comestibles.....	116
Tabla 85.	Características presentes en el sustrato utilizado en la producción de hongos comestibles en esta investigación.....	118
Tabla 86.	Relación de la eficiencia biológica entre el consumo total de sustrato utilizado en esta investigación.....	119

LISTA DE FIGURAS	Página
Figura 1. Estados productores de caña de azúcar en México señalado en gris oscuro.....	7
Figura 2. Ciclo de vida de los basidiomicetes, tomado de Oei (2003).....	23
Figura 3. Diagrama de flujo donde se muestra de manera esquemática las variables determinadas en este trabajo de investigación.....	51
Figura 4. Diagrama de flujo que muestra como se evaluó las cepas estudiadas en los diferentes sustratos.....	55
Figura 5. Cinética de crecimiento micelial en medio de cultivo All Bran, agar bacteriológico y extracto de malta (BFS) con las cepas estudiadas...	60
Figura 6. Cinética de crecimiento micelial en medio de cultivo extracto de malta y agar (EMA) con las diferentes cepas estudiadas.....	61
Figura 7. pH del medio de cultivo All bran, agar bacteriológico y extracto de malta (BFS) con las diferentes cepas estudiadas a diferentes días....	68
Figura 8. pH del medio de cultivo extracto de malta agar (EMA) con las cepas estudiadas y a diferentes días.....	69
Figura 9. Temperaturas máximas y mínimas en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-7 de <i>L. edodes</i>	81
Figura 10. Humedad relativa en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-7 de <i>L. edodes</i>	82
Figura 11. Cuerpos fructíferos de <i>L. edodes</i> en las UP cultivadas en la formulación COLPOS-17.....	83
Figura 12. Características presentes en los cuerpos fructíferos de <i>Lentinula edodes</i>	86
Figura 13. Temperaturas máximas y mínimas registradas en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	90
Figura 14. Humedad relativa en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-30 de <i>Pleurotus levis</i>	90
Figura 15. Temperaturas máximas y mínimas mantenida en el módulo de producción durante la fructificación de la CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i>	95
Figura 16. Humedad relativa (%) mantenida en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i>	96
Figura 17. Temperaturas máximas y mínimas mantenida en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp.....	100

Figura 18. Humedad relativa (%) en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-98 de <i>Pleurotus</i> sp.....	101
Figura 19. Temperaturas máximas y mínimas registrada en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	105
Figura 20. Humedad relativa en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-253 de <i>Pleurotus djamor</i>	106
Figura 21. Temperaturas máximas y mínimas mantenida en el modulo de producción durante la fructificación de la CP-267.....	111
Figura 22. Humedad relativa (%) mantenida en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-267 de <i>P. pulmonarius</i>	111
Figura 23. Mapa conceptual de la aplicación de los paquetes tecnológicos en las regiones cañeras de México.....	128

1. INTRODUCCIÓN

Los hongos comestibles son conocidos por su excelente sabor en cocina gourmet, por lo tanto, la producción de hongos actualmente moviliza cientos de millones de pesos y puestos de trabajo en todo el mundo y en México, ya que México tiene un gran potencial para el cultivo de las especies comestibles por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se generan en los diferentes cultivos agrícolas.

Por otro lado, a nivel alimenticio los hongos comestibles poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados) y bajo contenido de calorías y carbohidratos. También se caracterizan por tener propiedades medicinales conocidas como generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladores (Romero *et al.*, 2000).

Uno de los hongos comestibles más estudiados y cultivados durante los últimos años es el género *Pleurotus* debido a la facilidad de cultivo y a su calidad nutricional. Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de materiales leñosos o ricos en fibra como troncos, ramas y un gran número de residuos agrícolas. Otro de los hongos comestibles cuyo cultivo se empieza a tener relevancia, es el género *Lentinula*. Para su cultivo se pueden utilizar materiales que contengan una composición similar a los que utiliza para crecer en su ambiente natural, por ejemplo aserrín de encino y algunos materiales como son los residuos agroindustriales, los cuales en su mayoría no son utilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros y a ríos, contribuyendo de esta manera al daño de los ecosistema (Oei, 2003). Este trabajo permitió evaluar las características de crecimiento y producción de los géneros *Pleurotus*, *Lentinula* e *Hypsizygus* con el fin de generar un paquete tecnológico factible de implementar en las regiones cañeras de Puebla.

2. MARCO DE REFERENCIA

El marco de referencia es una revisión de los trabajos previos realizados sobre el problema en estudio y de la realidad contextual en la que se ubica. Dependiendo de la naturaleza del trabajo de la tesis, El marco de referencia puede comprender aspectos conceptuales, legales, situacionales de la realidad objeto de la investigación u otros según convenga el caso. En este marco usualmente se explica los conceptos y términos relacionados con el problema en estudio. Por lo que, en este apartado pretendo presentar gran parte de lo realizado en las investigaciones de la caña de azúcar, así como también, las investigaciones que se han llevado a cabo en la producción de hongos comestibles con estos sustratos, para que de alguna manera se haga más entendible este escrito.

2.1. Caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) pertenece a la familia de las gramíneas, con el tallo leñoso de unos dos metros de altura, hojas largas, lampiñas y flores purpúreas en panoja piramidal. El tallo está lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae el azúcar. La caña de azúcar se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales de la tierra (Muñoz, 2005).

Aunque la cosecha de la planta se realiza aproximadamente cada año (en las regiones cálidas), su rápida capacidad de rebrote permite varias cosechas sucesivas a partir de la siembra inicial. En nuestro país las renovaciones del cultivo se realizan entre cada cuatro y ocho años y es común encontrar en las zonas paneleras cultivos con más de 20 años de establecidos. Al ser un cultivo perenne permite una captura permanente del recurso tropical más abundante, la luz solar. Esta disminuye los costos y los riesgos asociados a la siembra en los cultivos semestrales, anuales y mantiene una cobertura constante sobre el suelo disminuyendo los costos de control de malezas y permite un uso más eficiente del agua y un mejor control de la erosión. Durante su largo proceso evolutivo, la caña de azúcar ha desarrollado una muy alta capacidad para la producción y almacenamiento de sacarosa (azúcar). Ha sido ésta cualidad por la cual el hombre ha

cultivado y continúa cultivando la caña, por lo cual su cultivo se ha diseminado por todo el mundo tropical y subtropical (Muñoz, 2005).

2.2. Historia de la caña de azúcar

Estudios recientes indican que la caña de azúcar es originaria de Nueva Guinea, y no de la India como antes se creía (García-Espinoza, 1984). Es probable que después de su introducción hace por lo menos 8000 años como planta de jardín, la caña haya emigrado lentamente de una isla a otra en el sur del Pacífico y de ahí, durante un periodo no más de 3000 años a la Península Malaya, la Indochina y el arco que rodea la Bahía de Bengala. Esta dispersión solo fue posible por medio de estacas, labrando y deshierbadas a mano (García-Espinoza, 1984). Cuando Alejandro el Grande invadió la India en el año 327 A. C. sus escribas anotaron que los habitantes “mascaban una caña maravillosa que producía una especie de miel sin ninguna ayuda de las abejas”. La caña llegó a Persia y después a Egipto a través de las invasiones árabes. El uso del azúcar se difundió en Europa con la extensión del cultivo de la caña en la región del Mediterráneo a principios del siglo XIII.

Cristóbal Colón en su segundo viaje a América llevó algunos trozos de caña de azúcar que sembró por primera vez en Santo Domingo (Humbert, 1974). Hacia 1519 Cortés trajo la caña de azúcar de Cuba a México asentándola en San Andrés Tuxtla, Ver. y para el año 1524 inició la instalación del primer trapiche, en la que empezó sus operaciones el 17 de septiembre de 1538 y funcionó durante 57 años hasta 1597, cuando se incendió y no fue reconstruido. De San Andrés Tuxtla, Cortés llevó la caña a Coyoacán, DF., donde se llegó a montar otro trapiche, pero las heladas durante el invierno hicieron abandonar su cultivo. Coyoacán fue el segundo lugar donde se cultivó la caña en México. Cortés buscó entonces un lugar de mucha menor altitud y se fijó en Tlaltenango, cerca de Cuernavaca, Mor.

El clima de Tlaltenango, no fue del todo satisfactorio para el cultivo de la caña de azúcar y después de 1568 tocó a Don Martín Cortés, hijo de Hernán Cortés, trasladar el ingenio a Atlacomulco, Mor., siendo el cuarto lugar donde se cultivó la caña. Por las

circunstancias propias de este lugar, se formó la primera hacienda azucarera, que sostuvo una airosa existencia hasta los tiempos de la revolución mexicana, suministrando anualmente fondos para el sostenimiento del Hospital de Jesús en la ciudad de México (García-Espinoza, 1984).

2.3. Producción mundial de azúcar

La industria azucarera tiene gran importancia a nivel mundial por lo que esta se ha situado en los últimos tres años, en el rango de 112 millones de toneladas, destacándose como principales productores Brasil, Tailandia, Australia, Cuba, India y CEE (remolacha), consumiéndose durante el mismo periodo 114 millones de toneladas. La producción mundial de caña de azúcar está directamente relacionada con la producción de azúcar y encuentra en la remolacha azucarera su gran competidor mundial. Los países de la Comunidad Económica Europea subvencionan fuertemente la producción del azúcar de remolacha para atenuar los costos con las importaciones de azúcar de caña producido en los trópicos (Pessôa, 2006) [Tabla 1].

Tabla 1. Producción de azúcar a nivel mundial.

Países	1996 (millones de ton.)	1997 (millones de ton.)
Unión Europea	17.4	18.3
Brasil	14.7	16.4
India	16.9	14.4
China	7.9	7.4
Estados Unidos	6.6	6.7
Tailandia	6.2	6.2
Australia	5.6	5.9
México	4.8	5.0
Cuba	4.4	4.3

Fuente: Pessôa, 2006.

De la caña de azúcar se pueden obtener un gran número de productos y subproductos industriales como azúcar en sus diferentes presentaciones, ácido acético, glicerina, aldehídos, ésteres, metanol y otros.

2.4. Producción de caña de azúcar en México

En México, se cultivan aproximadamente 610,000 ha y se producen alrededor de 45,126,500 ton de caña de azúcar, las cuales 58% son de temporal y 42% de riego. El rendimiento promedio en la zafra 2003-2004 fue de 74.6 ton/ha con un precio promedio de \$350.8 por tonelada, mientras que el rendimiento promedio en fabrica fue de 8.24 ton/ha, a un precio promedio de \$5.187.6 por ton, con una producción de azúcar de 5,227,427 ton en total. Aproximadamente 0.5% del Producto Interno Bruto (PIB) de México corresponde a esta actividad, ya que de ella dependen 440 mil familias con empleos permanentes y temporales en 227 municipios de 15 estados del país; cabe decir, 2.5 millones de mexicanos dependen directamente de la agroindustria azucarera (Toledo, 1993; COAAZUCAR, 2004) [Tabla 2].

Tabla 2. Producción de azúcar por entidad federativa en el 2004.

Estado	Superficie a industrializar (Ha)	Rendimiento en campo (Ton/Ha)	Caña de azúcar a industrializar (Ton)	Rendimiento en fabrica (%)	Producción de azúcar en (Ton)
Campeche	6,739	46.743	315	11.600	36,540
Chiapas	24,891	91.802	2,285,043	10.528	240,577
Colima	10,042	84.644	850	11.700	99,45
Jalisco	59,944	89.678	5,375,654	11.873	638,261
Michoacán	15,369	83.061	1,276,563	12.091	154,351
Morelos	13,436	104.479	1,403,775	11.582	162,589
Nayarit	26,064	75.574	1,969,767	12.168	239,68
Oaxaca	40,25	60.809	447,547	11.964	292,822
Puebla	13,853	115.250	1,596,561	12.170	194,298
Quintana R.	20,491	58.562	1,200,000	11.469	137,626
Sinaloa	65,25	57.744	3,767,803	11.690	440,469
San Luis P	22,968	80.264	1,843,502	9.559	176,214
Tabasco	27,148	61.146	1,660,000	10.863	180,326
Tamaulipas	28,893	65.936	1,905,086	11.064	210,77
Veracruz	251,053	70.924	17,805,680	113.641	2,023,454
Total	626,391	74.6	43,701,981	11.445	5,227.427

Fuente: Secretaría de Economía (2004).

Por otro lado, las hectáreas sembradas de caña de azúcar desde 1995 al 2004 oscilaron entre 609,561 y 701,167 con una producción de 42,561,815 a 48,662,243 ton, teniendo un valor de 15,988,736 de pesos para el año 2004 (Secretaría de Economía, 2004) [Tabla 3].

Tabla 3. Producción de caña y el valor en miles de pesos.

Año	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción total (Ton)	Valor (Miles de pesos)
1995	609,561	552,565	42,561,815	5,249,234
1996	675,846	621,79	44,294,994	7,857,990
1997	670,075	614,759	44,465,243	9,478,573
1998	692,43	630,578	47,129,814	10,483,672
1999	706,926	657,033	45,524,937	11,297,218
2000	684,57	635,242	42,844,147	11,160,394
2001	666,637	64,249	46,302,784	13,602,814
2002	681,434	649,407	46,306,466	14,000,595
2003	699,824	661,487	48,099,529	15,180,779
2004	701,167	651,911	48,662,243	15,988,736

Fuente: Secretaría de economía, 2004.

Los principales Estados que cultivan caña de azúcar son Veracruz (38.5%), Jalisco (11.4%), San Luis Potosí (8.7%), Oaxaca (5.3%), Chiapas (5.3%), Nayarit (3.8%); el resto de los Estados como Campeche, Colima, Michoacán, Morelos, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas participan con 26.7% (Secretaría de Economía, 2004) [Figura 1].



Figura 1. Estados productores de caña de azúcar en México señalado en gris oscuro.

2.5. Composición química de la caña de azúcar

La caña de azúcar posee una gran cantidad de azúcares solubles, específicamente sacarosa y cantidades considerables de azúcares insolubles de origen estructural especialmente celulosa, hemicelulosa y lignina (**Tabla 4**). Aunque se hace notar el bajo nivel de materia seca al compararlo con los cereales, sin embargo, la superioridad que tiene la caña frente a los cereales en cuanto a rendimiento, hace que este bajo nivel de materia seca no se convierta en una limitante para ser incluido en la alimentación animal (Pérez-Valdivia, 2006).

Tabla 4. Composición química de la caña de azúcar.

Nutriente	% MS
Materia Seca	29
Proteína Cruda (N X 6.25)	2
Hemicelulosa	20
Celulosa	27
Lignina	7
Azúcares solubles	40
Cenizas	5

MS= Masa seca, Fuente: Cuarón y Shimada, 1981.

Fracción Soluble. La fracción soluble de la caña se separa fácilmente del resto de la planta a través de un proceso de molienda que alcanza una eficiencia que va desde 97 % bajo técnicas de molienda industrial hasta 50% cuando se aplican técnicas artesanales. La fracción soluble esta constituida principalmente por sacarosa y azúcares reductores, y es por lo tanto una fuente básicamente energética en estado líquido y de difícil conservación por su rápida fermentación (Figueroa, 1996).

Fracción Insoluble: La fracción insoluble de la caña representa el porcentaje del volumen total de la biomasa de naturaleza ligno-celulósica (Pérez-Valdivia, 2006) después de la extracción de jugo. Por tal motivo, su uso en la alimentación animal esta seriamente limitado, debido a su bajo valor nutricional (Figueroa, 1996).

2.6. Bagazo de caña de azúcar

El bagazo es el producto final que sale del último molino del tándem y esta formado por partículas de tamaño variable (García-Espinoza, 1984; Sánchez-Fuentes 1997). Físicamente esta constituido por: fibra o bagazo, sólidos insolubles, sólidos solubles, cenizas y agua. La fibra cruda o bagazo esta compuesto por los siguientes elementos: celulosa 52%, hemicelulosa 29% y lignina 19% (**Tabla 5**).

Tabla 5. Composición química del bagazo de caña de azúcar.

Elemento	Proporción (%)
Celulosa	52
Hemicelulosa	29
Lignina	19

2.6.1. Celulosa

La celulosa es un homopolímero de cadena lineal formado por moléculas de glucosa con alto peso molecular formado por unidades de D-glucosa con uniones 1-4- β -glucosídicas. La molécula es alargada y plana, sin ramificaciones, identificando químicamente tres tipos de celulosa: alfa, beta y delta-celulosa. Todas las moléculas de glucosa presentan una conformación en sillas y, debido a la configuración beta, todos los grupos hidroxilo están en posición ecuatorial. Esto implica que la celulosa presenta una estructura en capas, donde las cadenas sencillas en una capa se unen por puentes

de hidrógeno intermolecular y la capas se unen entre si por enlaces del tipo Van der Waals (Leal, 1985b).

2.6.2. Hemicelulosa

La hemicelulosa la forman heteropolímeros altamente ramificados y generalmente no cristalinos. Contiene azúcares tales como: pentosas (D-xilosa, L-arabinosa), Hexosas (D-galactosa, L-galactosa, D-manosa, L-arabinosa, L-fucosa) y ácidos urónicos (ácido D-glucoronico) y puede contener diversas modificaciones tales como acetilaciones o metilaciones (Lucas *et al.*, 2001).

2.6.3. Lignina

Es un polímero estructural de las plantas vasculares formadas por unidades de fenil propano; proporciona a las plantas rigidez y unión entre sus células, además de disminuir la permeabilidad del agua a través de las paredes celulares y proteger a las células de invasiones por microorganismos. La molécula de lignina presenta una estructura ramificada e irregular. La lignina es un polímero aromático heterogéneo a diferencia de la mayoría de los polímeros que constituyen la pared celular. Las unidades de fenilpropano están enlazadas al azar mediante diferentes tipos de enlaces (Rosario *et al.*, 2001). El bagazo aparece en diferentes tonalidades (del verde pálido al amarillo amarronado) y el tamaño de las pequeñas fibras es variable. Estas características depende de las variedades de la caña y de las impurezas que lleven (arcilla, carbón, hojas y raíces), según el tiempo de cosecha, condiciones climáticas, etc. En la **tabla 6** se muestran otros residuos generados a partir de la caña de azúcar (Sánchez-Fuentes 1997).

Tabla 6. Residuos de la caña de azúcar.

Caña a la fábrica	En 824 Kg	Proporción (%)
Agua	430	52.184
Cachaza	33	4.004
Miel	26	3.155
Azúcar	104	12.621
Bagazo	231	28.033

Fuente: Sánchez-Fuentes, 1997.

Por cada 824 kg de caña, 231kg lo constituye el bagazo, por lo tanto, en la zafra 1994/95 se produjeron 11,248,459 Ton de bagazo, y se ha venido incrementado hasta la zafra 2004/05, alcanzando 14,267,234 (SAGARPA, 2005) [Tabla 7].

Tabla 7. Producción de caña y el porcentaje de bagazo producido por cada zafra desde 1995 hasta 2005.

Año	Caña (Ton)	Bagazo (Ton)	Azúcar (Ton)
1994/95	40,124,374	11,248,459	5,064,241
1995/96	40,185,213	11,265,514	5,071,920
1996/97	42,170,673	11,822,118	5,322,512
1997/98	47,353,042	13,274,942	5,976,597
1998/99	43,590,071	12,220,032	5,501,659
1996/00	42,101,037	11,802,596	5,313,727
2000/01	44,478,654	12,469,139	5,613,810
2001/02	42,903,641	12,027,598	5,415,022
2002/03	43,948,238	12,320,440	5,546,864
2003/04	45,456,250	12,743,196	5,737,196
2004/05	50,892,645	14,267,234	6,423,343

Fuente: SAGARPA, 2005.

2.7. Utilidad del bagazo de caña

El bagazo puede servir de combustible, pero muchas fábricas compran el combustible que necesitan y utilizan el bagazo como materia para alimento de ganado, fabricación

de papel, tablas y otros aprovechamientos agrícolas (composteo) o comerciales (García-Espinoza, 1984). El bagazo puede usarse en los terrenos de temporal (más seco) donde se tengan cultivos de caña, colocándolo a lo largo de los surcos, lo que será de gran utilidad pues, además de evitar la abundancia de malas hierbas, ayudará a conservar la humedad (García-Espinoza, 1984).

2.8. Organismos cultivados en bagazo de caña

Del bagazo de caña de azúcar se pueden obtener una gran gama de productos tales como proteína enriquecida, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos y compuestos de interés farmacológico mediante la fermentación del bagazo con bacterias (Ashok *et al.*, 2000). Además, también se puede producir xilanasas y poliláctidos mediante la actividad de *Cellulomonas flavigena*, *Bacillus circulans* (Horcasitas *et al.*, 1998; Hidalgo-Lara *et al.*, 2005; Amaya-Delgado *et al.*, 2006; Heck *et al.*, 2006) y *Bacillus* sp. (Patel *et al.*, 2005), o en la producción de pulpa para papel mediante bacterias termofílicas (Chinn *et al.*, 2006) [Tabla 8].

Tabla 8. Especies de bacterias cultivadas en bagazo de caña.

Especie	Tratamiento	Proceso	Subproducto	Autor
<i>Cellulomonas flavigena</i>	Activación por 4-0-Metil-D-glucoronxilano y xilano		Producción de xilanasas	Horcasitas <i>et al.</i> , 1998
Bacterias	Prelavado	Fermentación sólida	Proteína enriquecida, enzimas, aminoácidos y a. orgánicos	Ashok <i>et al.</i> , 2000
<i>Cellulomonas flavigena</i>	xilosa, arabinosa, glicerol y glucosa		Inducción de xilanasas	Hidalgo-Lara <i>et al.</i> , 2005.
<i>Bacillus</i> sp.		Fermentación	Producción de poliláctidos	Patel <i>et al.</i> , 2005
<i>Bacillus circulans</i>	50 °C y un pH de 4-7	Fermentación	Producción de xilanasas	Bocchini <i>et al.</i> , 2005
Bacterias termofílicas		Desdoblamiento de material lignocelulósico	Pulpa para papel	Chinn <i>et al.</i> , 2006
<i>Cellulomonas flavigena</i>	Tratado con glicerol		Producción de xilanasas	Amaya-Delgado <i>et al.</i> , 2006

El bagazo de la caña de azúcar tiene una gran utilidad ya que mediante la actividad de algunos hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus*, se puede utilizar como alimento para ganado mediante el desdoblamiento de compuestos lignocelulósicos (Márquez-Araque *et al.*, 2007). Así mismo, el bagazo se ha utilizado como soporte para el cultivo de algunos hongos productores de esporas (*Paecilomyces lilacinus*) que funcionan como controladores biológico ante nemátodos (Brand *et al.*, 2006). Otro de los beneficios en la industria, es la producción de etanol y acetonas mediante la fermentación del bagazo con *Candida utilis* (Christen *et al.*, 2002). También se han obtenido algunos compuestos como glucosa y proteínas del bagazo utilizando *Aspergillus ustus*, *Trichoderma viride*, *Rhizopus oligosporus* (Manonmani y Sreekantiah, 1987; Albuquerque *et al.*, 2006).

Por otro lado, el bagazo se ha utilizado como soporte en cultivos de hongos bioremediadores como son *Peniophora cinerea*, *Psilocybe castanella*, *Trametes villosa*, *Agrocybe perfecta*, *Trichaptum bisogenum* y *Lentinus villosus* (Machado *et al.*, 2005), ante algunos compuestos contaminantes como los pentafenoles mediante la actividad de compuestos enzimáticos. En este ámbito se han obtenido xilanasas mediante los hongos como *Trichoderma viride*, *Thermoascus aurantiacus*, *Candida guilliermondii*, *Aspergillus caespitosus*, *Aspergillus ustus*, *Penicillium janthinellum* (Manonmani y Sreekantiah, 1987; Milagres *et al.*, 2004; Mussatto *et al.*, 2005; Sandrim *et al.*, 2005; Chávez *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2006). También se han producido enzimas como lacasas para el blanqueo de papel (Meza *et al.*, 2006) o para la degradación de compuestos lignocelulósicos, usando *celulasas*, *MnP*, *LiP*, β -*glucosidasas* mediante los hongos como *Panus tigrinus*, *T. reesei*, *Aspergillus níger*, *Pycnoporus cinnabarinus* (Gonçalves *et al.*, 1998; Kansoh *et al.*, 1999; Gutiérrez-Correa *et al.*, 1999; Wen *et al.*, 2005; Ashok *et al.*, 2000; Meza *et al.*, 2005) [Tabla 9].

Tabla 9. Hongos cultivados en bagazo de caña y los productos elaborados de la actividad de éstos.

Especie	Tratamiento	Proceso	Subproducto	Autor
<i>Aspergillus ustus</i> , <i>Trichoderma viride</i> <i>Panus tigrinus</i>	Tratamiento alcalino	Fermentación enzimática	Glucosa y xilosa	Manonmani y Sreekantiah, 1987
<i>T. reesei</i>	Peróxido alcalino e hidróxido sódico	Fermentación	Producción de MnP, LiP y Lac	Gonçalves <i>et al.</i> , 1998
<i>T. reesei</i> , <i>Aspergillus niger</i>		Fermentación	Pulpa para papel	Kansoh <i>et al.</i> , 1999
<i>Candida utilis</i>		Fermentación	Enzimas celulolíticas, fertilización de suelos	Gutiérrez-Correa <i>et al.</i> , 1999
<i>Thermoascus aurantiacus</i>		Fermentación	Etanol y acetato	Christen <i>et al.</i> , 2002
<i>P. ostreatus</i>		Fermentación	Producción de xilanasas	Milagres <i>et al.</i> , 2004
<i>Candida guilliermondii</i>		Fermentación	Deslignificación para alimento de rumiantes	Márquez-Araque <i>et al.</i> , 2004
<i>Trichoderma reesei</i> y <i>Aspergillus phoenicis</i>		Fermentación	Producción de xilosa para xilitol	Mussatto <i>et al.</i> , 2005
<i>Psilocybe castanella</i> , <i>Trametes villosa</i> , <i>Agrocybe perfecta</i> , y <i>Lentinus villosus</i>	Inoculación en muestras de contaminados		Producción de P-glucosidasa	Wen <i>et al.</i> , 2005
<i>Aspergillus caespitosus</i>	Crecimiento en bagazo		Biodegradación de pentafenoles	Machado <i>et al.</i> , 2005
<i>Pycnoporus cinnabarinus</i>		Fermentación	Producción de xilanasas	Sandrim <i>et al.</i> , 2005
<i>Pycnoporus cinnabarinus</i>		Fermentación	Producción de Lacasas	Meza <i>et al.</i> , 2005
<i>Penicillium</i>		Fermentación	Producción de lacasas para blanquear papel	Meza <i>et al.</i> , 2006
<i>Paecilomyces lilacinus</i>		Fermentación	Xilanasas para aplicación biotecnológica	Chavez <i>et al.</i> , 2006
<i>Rhizopus oligosporus</i>		Fermentación	Producción de esporas para control de nematodos	Brand <i>et al.</i> , 2006
<i>Rhizopus oligosporus</i>		Fermentación	Producción de proteína	Albuquerque <i>et al.</i> , 2006
<i>Penicillium janthinellum</i>	Hidrolizado en medio ácido	Fermentación	Producción de xilanasas y proteasas	Oliveira <i>et al.</i> , 2006

2.9. Producción de hongos comestibles en México

La producción de hongos comestibles se ha incrementado a nivel mundial ya que en 1994 se obtuvo una producción de 4 909 000 ton, y en la que nuestro país contribuyó con una producción de 28,895 ton, lo que representa un 0.6% de la producción total, por lo que México se ubicó en el 18° lugar. China fue el país con mayor producción aportando el 52.5% al total, seguido por Estados Unidos, Japón, Francia, Holanda y Reino Unido, los que aportaron el 8%, 7.9%, 5.4%, 3.9% y 2.8%, respectivamente. Del total de la producción de hongos comestibles 797 400 ton corresponden a las diferentes especies de *Pleurotus* (Martínez-Carrera *et al.*, 2000). En México durante el periodo de 1990-1997 se observó un incremento superior al 400%. En este último año se estimó una producción de 1825 toneladas, lo cual significa un nivel de producción comercial de unas 5 ton/día. Por esta razón México se ha considerado como el principal productor de América Latina (Martínez-Carrera *et al.*, 2000; Sánchez y Royse, 2001).

2.9.1. Descripción de algunas especies cultivadas de hongos comestibles

Las setas (*Pleurotus* spp.), *Volvariella volvacea*, y el hongo japonés *shiitake* (*Lentinula edodes*), son hongos comestibles que poseen una excelente capacidad para degradar sustratos lignocelulósicos como son residuos agrícolas, industriales, maderables (Martínez-Carrera *et al.*, 1984).

El *shiitake*, nombre común japonés para el hongo comestible *Lentinula edodes*, se le conoce también como Hangu, en algunas partes de China, Hua Gu “hongo flor” y Donggu “hongo de invierno” en otras regiones, Shiangugu en Corea, así como “hongo negro” u “hongo del bosque negro” u “hongo perfumado” en otros países, obtiene su nombre de las raíces “*shii*” que significa encino o árbol negro y “*take*” que significa hongo, este se cultiva en bosques de encino con temperaturas frías. *L. edodes*, fue científicamente nombrada por el botánico inglés Miles Joseph Berkeley en 1878, quien lo nombró así por la forma de lente cóncava de su cuerpo fructífero. Es uno de los hongos más apreciados en Oriente. Forma parte de la dieta en Japón, China, Corea, no tan sólo por su delicado sabor sino por las propiedades nutricionales y medicinales que este hongo tiene. Esta especie ha sido cultivado desde hace miles de años en las

regiones montañosas de Asia empleando técnicas artesanales que se transmitieron en forma reservada de generación en generación; recientemente ha sido “descubierto” por occidente donde se consume ávidamente. Al *shiitake* se le atribuye varias propiedades medicinales algunas de las cuales han sido científicamente comprobadas.

Pleurotus ostreatus es un hongo comestible saprofito, que es conocido en algunos lugares como hongo seta, hongo de cazahuate, u hongo ostra, es considerado un alimento de alta calidad para consumo humano, con sabor y textura apreciable y sobre todo por su valor nutritivo, cuyo cultivo en nuestro país es atractivo, ya que se puede llevar a cabo en diferentes lugares aprovechando principalmente los climas tropicales y semitropicales, así como también los desechos agrícolas, como son maíz, trigo, café algodón, bagazo de caña de azúcar, cáscara de cacahuate etc., y con ello contribuir a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales (Villegas *et al.*, 2007). Por otro lado la producción de *Pleurotus* spp. es uno de los hongos con posibilidades para transformar los residuos lignocelulósicos sin someterlos a otros tratamientos para degradarlos (Leal, 1985a).

El cultivo de *Pleurotus* se ha venido desarrollando a pequeña escala hasta finales de los 80s en la región central del país, concretamente en los estados de Jalisco, México, Querétaro, Tlaxcala, Morelos, Puebla y Veracruz (Galicia, 1994). El cultivo de setas (*Pleurotus*) se inicia en Cuajimalpa, Estado de México, en la empresa “Hongos de México” (Martínez-Carrera *et al.*, 1991). Para el cultivo de hongos comestibles es necesario de nutrientes adecuados en el sustrato como son fuentes de carbono y algunos minerales. También los hongos requieren de factores ambientales adecuados que favorecen su desarrollo como temperatura, humedad, pH, luz, aireación. Para cada uno de estos factores hay un rango mínimo, óptimo y máximo, que pueden afectar el desarrollo del hongo en los cuartos de cultivo (Stamets y Chilton, 1987). El desarrollo de los hongos se ve afectado por varios factores, a continuación se mencionan los más importantes:

Temperatura. Entre los principales factores físicos se consideran la luz y la temperatura. La sensibilidad a la temperatura no sólo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Así, es posible una temperatura óptima de crecimiento micelial y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de fructificación.

Pleurotus es un hongo cuyo micelio puede crecer favorablemente en un rango de 20° a 27°C. Por regla general, las temperaturas óptimas para la fructificación de las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial.

Humedad en el sustrato. El contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo de los hongos, el contenido óptimo de humedad depende no solo de la especie de hongo que se cultiva, sino también del tipo de sustrato utilizado. El contenido de humedad no solo afecta la disponibilidad de nutrientes en el sustrato, sino también la disponibilidad de oxígeno. En efecto, el agua ocupa espacios que pueden ser ocupados por el aire (Sánchez y Royse, 2001).

Humedad del aire. Este factor es de suma importancia para una adecuada fructificación de cuerpos fructíferos de las diferentes especies de *Pleurotus*, la humedad relativa del ambiente donde crece el hongo debe ser suficiente para evitar que tanto el sustrato como los cuerpos fructíferos se deshidraten, la humedad óptima para la fructificación de *Pleurotus* en las casas de cultivo es de 85% (Sánchez y Royse, 2001).

pH. Dentro de los factores químicos, el pH es de vital importancia ya que los niveles de acidez o alcalinidad pueden detener, inhibir o estimular procesos vitales (Martínez-Carrera *et al.*, 1993).

Luz. En el caso de algunas cepas de *Pleurotus* spp. no pueden fructificar en oscuridad continua. Para hacerlo requiere ser expuestas a longitudes de onda inferiores a 600 nm, sin embargo la sensibilidad tanto de la cantidad como de la calidad de la luz depende de las especies. Por otro lado para la inducción a la fructificación se puede dar

mediante la exposición diaria de 20 mn a la luz para el caso de *P. pulmonarius* (Sánchez y Royse, 2001).

Aereación. Los componentes del aire son de gran importancia para los hongos en particular el oxígeno y el dióxido de carbono. Los hongos pueden deformarse en presencia de altas concentraciones de dióxido de carbono producido por el proceso de su respiración, por lo que al realizar la incubación, es necesario renovar el aire para eliminar el dióxido de carbono (Sánchez y Royse, 2001).

2.9.2. Sustratos utilizados en la producción de hongos comestibles

Es de suma importancia identificar nuevas alternativas en el cultivo de hongos comestibles dirigidas al bienestar social y económico. Enfocando la parte social mediante una mejor nutrición y la económica a la formación de empresas con innovaciones para un mejor mercado. Por lo que en las investigaciones se busca una mejor optimización de los sustratos que nos proporcionen mejores resultados en la producción de hongos comestibles, que sean más baratos, que se encuentren en las regiones de producción, etc. El sueño del investigador tiene como meta desarrollar un producto con un alto nivel nutricional, producido a muy bajo costo, mismo que se puede proporcionar con sustratos de mejor calidad y con mejores rendimientos.

El sustrato para el cultivo de hongos comestibles es elaborado a partir de desechos agrícolas, producidos en procesos industriales o prácticas agrícolas, los cuales son triturados y esterilizados según el tipo de materia prima a utilizar y a la especie a cultivar. En base a los antecedentes, nosotros podemos encontrar un sin número de artículos que proporcionan información sobre los sustratos utilizados en la producción de hongos los cuales están relacionados a la especie que se han investigado. En el caso de las especies del género *Pleurotus*, podemos encontrar sustratos como paja de trigo, paja de cebada, paja de sorgo, paja de arroz, paja de avena, paja de soya, paja de algodón, rastrojos de maíz, tallo de sorgo (Moonmoon *et al.*, 2010: Sánchez y Royse 2001: Stamets y Chilton, 1983), maguey, cascara de cacao, cascara de cacahuate, rastrojo de maíz (Bernabé-González *et at.*, 2004), y diversas combinaciones de

sustratos como bagazo de caña de azúcar con pulpa de café (Martínez-Carrera, 1990) proporcionando mejores resultados en la producción (EB= 96.9%).

En la producción de otros hongos como *L. edodes* se puede mencionar que el sustrato más usado en el cultivo de esta especie es el aserrín de maderas duras combinadas con algunos suplementos (Sobal *et al.*, 2010). Dentro de los trabajos de investigación en la formulación de sustratos mejorados podemos mencionar la mezcla de encino rojo suplementado (Royse y Sánchez-Vázquez, 2001), encino rojo, salvado de trigo, mijo blanco, centeno y yeso (Shen *et al.*, 2008), Paja de trigo, olote de maíz y aserrín de encino (Philippoussis *et al.*, 2007). La combinación de aserrín de maderas duras (encino y *Bursera*) con otros sustratos como el olote de maíz, bagazo de caña y salvado de trigo pueden ser utilizadas para el cultivo de otras especies como *L. boryana* (Sobal *et al.*, 2010), por lo que se usaron formulaciones elaboradas con maderas duras para esta investigación.

2.9.3. Tratamientos térmicos del sustrato para la producción de hongos comestibles

Los tratamientos para el control de microorganismos en los sustratos para el cultivo de hongos comestibles son muy amplios y va a depender de la especie y el fin del cultivo de estos. En la producción semiindustrial e industrial podemos encontrar los procesos más importantes como la pasteurización y la esterilización. Dentro del proceso de pasteurización podemos encontrar la pasteurización por inmersión en agua caliente (70-80 °C), con este método se elimina un gran número de organismos además de ser el método más usado en la producción semiindustrial de algunas especies del género *Pleurotus* (Sánchez y Royse, 2001).

Otro tipo de pasteurización es mediante la utilización de vapor, para este tratamiento es necesaria una cámara donde el sustrato se aloja en cajas o en masa y se inyecta vapor a presión en dicha cámara. En este método se utiliza una caldera y ventiladores para disminuir la temperatura. Dicho proceso eliminar parcialmente los microorganismos por

choque térmico y es utilizado en la producción industrial de hongos comestibles, los pioneros de este método fueron Zadrazil y Schneidereit (1972).

La esterilización de sustratos se utiliza en la industria en el cultivo masivo de hongos exóticos y de refinado gourmet, por ejemplo en el cultivo de *Lentinula edodes* (*shii-take*) en la que los sustratos no son composteados y se requiere de hidratarlos para posteriormente eliminar organismos competidores en dicho sustrato. La esterilización es uno de los métodos más antiguos utilizados en la preparación de sustratos en el cultivo de hongos comestibles ya que este método tiene fines de experimentación en la investigación (Sánchez y Royse, 2001). Con este método lo que se busca es eliminar por completo la presencia de microorganismos en los sustratos y así eliminar competidores para el organismo cultivado, este método permite incursionar en nuevas investigaciones aplicando nuevos organismos (Hongos) que pueden ser factibles de cultivarse. Dentro de los trabajos de investigación en sustratos estériles y la utilización de organismos exóticos se encuentra la de Sobal *et al.* (2010) en la formulación para el cultivo intensivo de *Lentinula edodes* y *L. boryana*. Otro de los trabajos donde se ha empleado la esterilización de sustratos fue el trabajo de Shen *et al.* (2008) para observar los efectos de mezclas de maderas duras con paja de trigo en la producción *L. edodes*. En general el sustrato para el cultivo de *L. edodes* es tratado por esterilización y en pocas investigaciones es por pasteurización. Como ya se había mencionado anteriormente la esterilización es usada con fines de experimentación y en este trabajo el proceso utilizado fue este.

2.10. Ubicación taxonómica de las especies estudiadas

La taxonomía biológica es una subdisciplina de la biología sistemática, que estudia las relaciones de parentesco entre los organismos y su historia evolutiva. Actualmente, la Taxonomía actúa después de haberse resuelto el árbol filogenético de los organismos estudiados, esto es, una vez que están resueltos los clados, o ramas evolutivas, en función de las relaciones de parentesco entre ellos. En este trabajo la taxonomía es de suma importancia ya que mantiene categorías, niveles o jerarquías, las cuales agrupan a los especímenes desde grupos que comparten características desde muy generales a

nivel de Reino, hasta aquellos que comparten características muy específicas, las cuales suben hasta el nivel de género, especie, variedad, etc.

2.10.1. *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus es un hongo saprofito o parásito débil; crece abundantemente sobre aliso, balsa y arce, principalmente en los valles de los ríos (Mendoza y Díaz, 1981), además en los géneros como: *Bursera*, *Heliocarpus* e *Ipomoea* (Sihuanca, 2006). La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa, formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al píleo; *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Stamets y Chilton 1983).

Tabla 10. Ubicación taxonómica de las especies del género *Pleurotus*.

Reino	Fungi
División	Eumycota
Subdivisión	Basidiomycota
Clase	Hymenomycetes (Basidiomycetes)
Subclase	Holobasidiomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i> (Jackq. ex Fr.) Kumm., <i>djamor</i> (Fr.) Boedijn, <i>levis</i> (Berk, & Curt.) Singer, <i>pulmonarius</i> (Fr.) Quél, <i>cystidiosus</i> (Miller).

Tomado de: Ancona *et al.*, 2005, Mata y Salmenes, 2003, Moreno-Fuentes y Bautista-Nava, 2006, Pérez y Mata, 2002.

Pleurotus ostreatus, es un típico hongo agarical; a menudo se encuentra recubierto de una capa micelial en la base (Mendoza y Díaz 1981) y presenta contexto delgado y blanco; al principio el píleo tiene forma de lengua y cuando madura adquiere forma de concha; las láminas son blancas o de color crema, en las cuales se disponen los basidios con cuatro basidiosporas blanquecinas elípticas de 8-11 x 3-4 μ . El píleo, donde se encuentran las lamelas o laminillas, es excéntrico de superficie lisa, el estípite es corto y excéntrico; las lamelas son blancas, decurrentes y espaciadas; las esporas en masa son blanquecinas o de color gris-blanquecino. El píleo regularmente es de 4 a

13 cm de diámetro, aunque ocasionalmente puede presentar tamaños mayores de acuerdo a las condiciones de fructificación. La superficie presenta color variable según la intensidad de la luz, con tonos entre blanquecinos, grises o azulados, según sea la iluminación; su margen es suave, delgado, ondulado y ocasionalmente enrollado. Presenta pie corto de 2 a 3 cm de longitud por 1 a 2 cm de grueso, y fibras de color crema claro (Stamets y Chilton 1983).

2.10.2. *Lentinula edodes*

Su nombre común es *shiitake*, black forest mushroom, hongo negro del bosque, Hoang-mo, shanku, shiang-gu (palabra en japonés) (hongo con fragancia). Su nombre científico es *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler. El cuerpo fructífero o basidiocarpo está formado por el estípite ó pie, por el píleo o sombrero y por el himenio o láminas. El estípite está adherido centralmente al sombrero, es corto y fuerte, el píleo es de color café pálido a rojizo con algunos tonos blancos, convexo de 4-10 cm de diámetro; cuando llega a su madurez, el color se torna oscuro con algunas grietas, usualmente moteados por las escamas blancas, sobre todo cerca de los bordes, los sombreros más jóvenes son generalmente más oscuros. El himenio ó lámina es la parte inferior del píleo, y es donde se producen las esporas (basidiosporas), estas láminas son blancas o amarillentas y tienen manchas rojizas cuando son maduras. La impresión de las esporas es blanca y el pie es también blanco. Cuando se quiebra el sombrero, en su parte interior es carnoso y blanco (Chang y Hayes, 1978).

Tabla 11. Ubicación taxonómica de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler.

Reino	Fungí
División	Eumycota
Subdivisión	Basidiomycota
Clase	Hymenomycetes (Basidiomycetes)
Subclase	Holobasidiomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Lentinula</i>
Especie	<i>edodes</i> (Berk.) Pegler.

Mata y Salmones, 2003.

2.10.3. *Hypsizygus*

El género *Hypsizygus* es un hongo que fructifica en otoño en las zonas frías de los países del norte, fructifica en forma de racimo, cada racimo presenta 15-50 individuos. A veces crece individualmente con el píleo más grande. El píleo es de forma hemisférica cuando es joven y de forma involuta en los bordes. El color del píleo presenta un color blanco, gris-café, con un diámetro de 4-15 cm. Sus láminas son blanquecinas, aserradas y ligeramente esparcidas. El estípe tiene una longitud de 3-10 cm y diámetro de 0.3-0.6 cm. Las esporas presentan forma ovoidal, translucidas bajo el microscopio. Presenta micelio blanco en forma de plúmula, no presenta exudados líquidos. Puede producir artrosporas y clamidosporas en los cultivos.

Tabla 12. Ubicación taxonómica de *Hypsizygus marmoreus* (Peck) H. E. Bigelow. e *H. tessulatus* (Bull.) Singer.

Reino	Fungi
Subreino	Dikarya
División	Basidiomycota
Subdivisión	Agaricomycotina
Clase	Agaricomycetes
Subclase	Agaricomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Hypsizygus</i>
Especie	<i>marmoreus</i> (Peck), <i>tessulatus</i> (Bull.: Fr.) Sing.

Mata y Salmones, 2003.

2.11. Ciclo de vida de los Basidiomycetes

Su ciclo de vida se resume en la **Figura 2**. a. El hongo maduro libera sus esporas. Estas cuando entran en contacto con un sustrato favorable, germinan y producen una estructura filamentosa llamada hifa (b). Si son compatibles originarán pequeños nódulos de filamentos (aglomerados de hifas), conocidos como primordios (c). En caso de que el ambiente sea favorable y que el agua y los nutrientes no sean factores limitantes, ellos continúan su expansión dando lugar a hongos maduros (d). Denuevo se inicia el ciclo de vida de un basidiomicete.

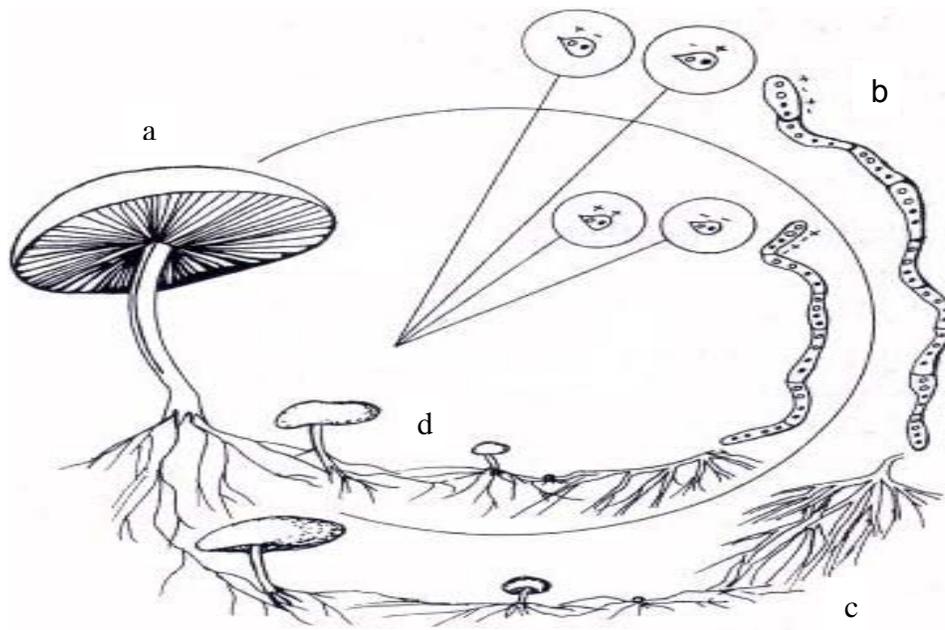


Figura 2. Ciclo de vida de los basidiomicetes, tomado de Oei (2003).

2.12. Valor nutricional de los hongos comestibles

A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, poseen alta cantidad de minerales y bajo contenido de calorías y carbohidratos. También se caracterizan por tener propiedades medicinales y que ayudan a generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, además de poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladores (Romero *et al.*, 2000).

Los hongos pueden dividirse en tres grupos: (1) ricos en carbohidratos, (2) ricos en proteínas, y (3) ricos en carbohidratos y proteínas. Los carbohidratos del hongo están compuestos principalmente de sacáridos molecularmente bajos que casi no son absorbidos a través de los intestinos humanos (trehalosa, manitol y arabinitol), y polisacáridos no digeribles que se llaman fibras dietéticas como quitina. Por lo tanto, los

hongos pueden verse como alimento bajo en calorías teniendo un nivel considerablemente más bajo en calorías de los valores estimados por el análisis del alimento. Es bien conocido que los hongos universalmente contienen ergosterol (de 100 a 800 mg por 100 gramos de peso seco) que se convierte en vitamina D2. Los hongos también contienen vitaminas B1, B2 y niacina, pero no contienen vitamina C. En cuanto a los contenidos de minerales potasio (K), es apreciablemente alto comparado con sodio (Na), seguido por fósforo (P), calcio (Ca) y hierro (Fe). El contenido de proteínas de las especies de hongos cultivados está en un rango entre 1,75 por ciento a 5,9 por ciento de su peso fresco. Se ha estimado que un valor promedio de 3,5 a 4 por ciento es representativo para los hongos. Esto significa que el contenido de proteínas de los hongos comestibles en general es alrededor de cuatro veces del que tienen las naranjas y doce veces del de las manzanas. Comparando, el contenido de proteínas del cerdo es de 6 a 9 por ciento. El contenido de humedad de los hongos frescos varía de 70 a 95 por ciento dependiendo del tiempo de recolección y de las condiciones ambientales. Los hongos secos tienen un contenido de humedad entre 10 y 13 por ciento.

Los hongos, en base en el peso seco, contienen el 19 a 35 por ciento de proteínas, comparados con 7,3 por ciento en el arroz y 9,4 por ciento en el maíz. Por lo tanto, en términos de proteína cruda, los hongos están en un rango cercano a la proteína animal (Lelley, 1987), pero bastante por encima de la mayoría de los otros alimentos incluyendo la leche (Chang y Miles, 1996). Además, la proteína de los hongos contiene los nueve aminoácidos esenciales requeridos por el cuerpo humano.

2.12.1. Valor nutricional de *Pleurotus*

En el caso del género *Pleurotus*, son bajos en calorías (250 por 1 kg. fresco), altos en proteínas, hierro, fibra, minerales y vitaminas. Contiene, por ejemplo, vitaminas B1, B2, B6, B12 y D2, con altas cantidades de riboflavina y niacina, reúne además los 9 aminoácidos esenciales que se requieren en nuestra dieta alimentaria (**Tabla 14**). Los hongos en general contribuyen con un importante aporte de proteínas (**Tabla 13**), comparado con lo encontrado en el huevo y la leche (3 a 5 g por cada 100 g de hongos

en fresco). Hay informes donde se indica que estos hongos tienen 10.1 % de fibra cruda (Cardona, 2001), dos veces el volumen en los champiñones, la cual es muy importante para el buen funcionamiento del colon.

2.12.2. Valor nutricional de *Lentinula edodes*

Dentro de los elementos contenidos en los hongos, se pueden mencionar a los carbohidratos, polisacáridos hidrosolubles, glucosa, manitol, trehalosa, fibra cruda, fibra dietética total, quitina, lípidos totales, en diferentes cantidades en los tres géneros estudiados, aunque en el género *Hypsizygyus* se encontró información escasa (**Tabla 13**).

Tabla 13. Valor nutricional de los hongos utilizados en esta investigación.

Componente	Contenido en base seca (%)		
	<i>Pleurotus</i>	<i>Lentinula</i>	<i>Hypsizygyus</i>
Carbohidratos	57.6	59.2	
Polisacáridos hidrosolubles		1-5	
Glucosa (mg/g)	10.6	14.2	
Manitol (mg/g)	3.6	134.0	
Trehalosa (mg/g)	2.73	3.74	
Fibra cruda	7.5	10.0	15.0
Fibra dietética total (g/100g)	33.1	47.3	
Quitina	4.95	5.84	
Lípidos totales	1.56	3.2	
Proteína bruta	26-34	22.7	

Fuente: Chang y Miles, 2004; Lelley y Vetter, 2004; Yu-Ling *et al.*, 2008.

La aportación de los nutrientes en el *shiitake* en base a peso seco es principalmente proteína (22.7%; digestibilidad: 80-87%) y un balance adecuado de vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C, D3, niacina, pro-vitamina D2) [**Tabla 14**], minerales (hierro, potasio, fósforo, cobre, selenio, calcio, magnesio, manganeso, zinc) y fibra dietética (47.3 g/100 g). Así mismo, tiene un bajo contenido de grasas (3.2%) y carbohidratos digeribles (1-5%). No contiene colesterol, comparativamente con otros alimentos de origen animal. En el caso del género *Hypsizygyus*, se encontró muy poca información, ya que es un

hongo poco estudiado, donde la fibra dietética es de 15% en base al peso seco y de vitamina C 1.13 mg/mL (Yu-Ling *et al.*, 2008; Akavia *et al.*, 2009).

Tabla 14. Contenido vitamínico de los hongos utilizados en esta investigación.

Componente	Contenido en base seca		
	<i>Pleurotus</i>	<i>Lentinula</i>	<i>Hypsizyugus</i>
Vitamina A (retinol)	35.2 µg/kg	31.0 µg/kg	
Vitamina B1 (tiamina)	5.7 mg/kg	5.9 mg/kg	
Vitamina B2 (riboflamina)	2.5 mg/100g	1.8 mg/100g	
Vitamina B6 (piridoxina)	5.5 mg/kg	4.0 mg/kg	
Vitamina B12 (cobalamina)	0.6 µg/100g	0.8 µg/100g	
Vitamina C (ácido ascórbico)	20 mg/100 g	25 mg/100g	1.13 mg/mL
Pro-vitamina D2 (ergosterol)		325 mg/100g	
Vitamina D2 (ergosterol)	91.7 µg/kg	90.5 µg/kg	
Vitamina D3 (colecalfiferol)	235.9 µg/kg	200.5 µg/kg	
Niacina		20.2 mg/100g	

Fuente: Akavia *et al.*, 2009; Lelley y Vetter, 2004; Mizuno, 1995.

2.13. Propiedades medicinales en hongos comestibles

Muchos hongos han sido empleados durante siglos en la Medicina Tradicional, especialmente en China y Japón. Hoy en día se han realizado estudios que permiten afirmar que muchas especies de hongos son en realidad alimentos funcionales con propiedades medicinales comprobadas (Wasser y Weis, 1999). Entre las propiedades medicinales de los hongos encontramos efectos antitumorales, inmunomoduladores, cardiovasculares, hipocolesterolémicos, antivirales, antibacterianos, antiparasitarios, hepatoprotectores y antidiabéticos.

2.13.1. Propiedades medicinales de *Lentinula edodes*

Actualmente es el segundo hongo más producido en el mundo después del *Agaricus* (champiñón blanco o café común) y desde la antigüedad (Dinastía Ming [1368-1644] en China) se le consumía por “preservar la salud, mejorar la circulación, curar resfríos y disminuir el colesterol en la sangre”, en aquellos años se le conocía como “El Elixir de la Vida” (Chang, 1999).

El *shiitake* (*L. edodes*) es un reconstituyente inmunomodulador natural, que aporta componentes esenciales, no convencionales, conjuntamente con aminoácidos, oligoelementos y vitaminas que activan el sistema inmunitario. Incrementa y regula el sistema inmunológico, optimizando su funcionamiento, permitiendo el control efectivo de afecciones infecciosas y tumorales. Elimina los radicales libres que favorecen los procesos de oxidación, envejecimiento y alteración celular. Este producto es recomendado para personas afectadas por enfermedades crónicas o personas sanas con una dieta pobre en inmunonutrientes susceptibles a enfermarse frecuentemente. El hongo *shii-take* es el más popular y mejor estudiado de los hongos medicinales y su acción medicinal ha sido ampliamente comprobada en casos de: Hipercolesteremia, hipertensión arterial, cáncer en mama, cáncer en colon, cáncer en estómago, tumores en páncreas, prostatitis, leucemia, diabetes, hepatitis, glaucoma y en las infecciones crónicas.

La investigación con sustancias antitumorales en los hongos inicio en Japón en 1969, país que según las estadísticas, su población tiene una posibilidad de uno en cada cuatro individuos de contraer cáncer de acuerdo con la Fundación Imperial de la Investigación del Cáncer, con una tasa masculina de sobre-vida del 31% en 5 años de padecimiento y un equivalente para el género femenino del 43%; no es sorprendente el hecho de que al estar vinculado con la actividad anticancerígena el *shiitake* haya cobrado gran interés (Kidd, 2000). El efecto antitumoral del *shiitake* ha sido atribuido entre otras sustancias al Lentinan. Los primeros ensayos fueron llevados a cabo por Chihara *et al.* (1969) y con esto dan inicio a las investigaciones sobre este compuesto. El Lentinan es un β -glucano (polisacárido) de peso molecular $4-8 \times 10^5$. Los pasos para su purificación fueron descritos por Chihara 1970 (Hamuro y Chihara, 1985).

La habilidad de incrementar la respuesta inmune del lentinan, podría estar vinculada con la modulación de algunos factores hormonales, de los que se sabe tienen un papel importante en el crecimiento tumoral. Aoki (1984), mostró que la actividad antitumoral del lentinan es fuertemente reducida por la administración de tiroxina o hidrocorticoides.

Se sabe que el lentinan del *shiitake* actúa como un modificador de la respuesta biológica (BRM), por lo que es considerado también como inmunomodulador. Se ha comprobado un incremento en la respuesta de las células involucradas en procesos de defensa. El efecto del lentinan en las células T ha sido recientemente investigado. Se ha observado regresión de tumores en 7 de 8 ratones BDF1 inoculados con células FBL-3 (eritroleucemia). Antes del tratamiento con lentinan fueron suministrados anticuerpos monoclonales (mAb) tanto en contra de CD4 como de CD8, y el crecimiento tumoral fue inhibido. Estudios recientes mostraron que los pacientes con cáncer avanzado, poseen respuestas no balanceadas de Th1 y Th2 como consecuencia de que las células que median en el sistema inmune (Yoshino *et al.*, 2000).

Extractos de *shiitake* han sido ensayados en pacientes con SIDA conjuntamente con AZT, observándose que la combinación de las mismas suprime la expresión del antígeno del virus con mayor fuerza que en aquellos tratamientos solamente con AZT *in Vitro*. También se observa el incremento en la acción del AZT al disminuir la replicación del virus y la infectividad en ensayos realizados en varias líneas celulares humanas *in vitro*, al emplearse extractos de *shiitake*. No se ha avanzado aún mucho respecto a estudios en humanos, pero es probable que el efecto inmunomodulador del *shiitake* pueda ser de utilidad en el tratamiento en pacientes con SIDA. Recientemente Nhai y Ng (2003) hallaron una nueva proteína presente en el *shiitake* denominada lentina con efectos antifúngicos y con actividad inhibitoria sobre la transcriptasa inversa del virus del SIDA.

Por otro lado el descenso de los niveles de colesterol en sangre tras la ingesta del *shiitake* (Trigos y Suárez-Medellín, 2010). Este efecto se conoce desde 1969 cuando se realizaron los primeros ensayos en ratones alimentados con este hongo en dietas ricas en lípidos. El resultado fue un marcado descenso en el colesterol de los ratones tratados en contraposición a los altos valores obtenidos en los controles. Habiéndose comprobado también el descenso de la presión sanguínea en estudios con ratones hipertensos (Kabir & Kimura, 1989). El componente del *shiitake* que ocasiona el descenso del colesterol y la presión arterial ha sido denominado eritadenina (Alberts,

1988). A partir de este descubrimiento se han realizado varios ensayos que corroboran estas propiedades en dicho especie.

2.13.2. Propiedades medicinales de *Pleurotus ostreatus*

El hongo con propiedades medicinales que normalmente se consigue en el mercado, es *Pleurotus ostreatus*, comúnmente conocido como seta, esta variedad de hongos empezó a cultivarse en América a fines del siglo XIX. En Asia se le consume desde tiempos inmemorables, conocido en China como *Cao pi ce er* y en Japón como *Hiratake*. Existe un gran interés en la producción de este hongo debido a su alto valor nutricional, ya que contiene una gran cantidad de carbohidratos, su contenido de fibra dietética es también alto, principalmente de quitina. La quitina es muy efectiva para evitar la obesidad ocasionada por la absorción de grasas. Contiene una moderada cantidad de proteína de alta calidad y aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales (Ciappini *et al.*, 2004). La medicina tradicional le atribuye propiedades para disipar enfriamientos, relajar los tendones y las venas. De acuerdo con la sabiduría oriental, este hongo previene la hipertensión arterial y la arteroesclerosis. Proporciona longevidad y vigoriza el organismo, ayudando a las personas a recuperarse de la fatiga.

La parte comestible del hongo, es una excelente fuente de proteína de buena calidad, esto debido a que en su contenido, están presentes todos los aminoácidos esenciales predominando la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 17 a 24% (Ciappini *et al.*, 2004). Aunque puede llegar a ser hasta del 40%. El contenido de vitamina C en *Pleurotus* es muy alto (Sánchez *et al.*, 2008), va de 36 a 58 mg por cada 100 gramos de hongo deshidratado por lo que puede ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales y puede ser utilizado como auxiliar en el tratamiento del escorbuto, la diabetes, hipoglucemia y cáncer. Por otro lado, el alto contenido de ergosterol, que es transformado en vitamina D2 por la acción de los rayos ultravioleta del sol al ser deshidratado (Trigos *et al.*, 1997), representa una excelente fuente de esta vitamina, indispensable para la absorción de calcio, sobre todo del fosfato de calcio, fundamental para el buen desarrollo de huesos y dientes.

Se ha demostrado en investigaciones recientes que *Pleurotus* contiene cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral (Jeannette y Chegwin, 2010), es decir, se ha comprobado a nivel laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir la formación de estos (Querino *et al.*, 2004). Seguramente el mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que posteriormente destruyen las células cancerosas sin ocasionar efectos colaterales al enfermo (Arias *et al.*, 2008).

Se ha encontrado que el micelio de *Pleurotus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular parecidos a la zeatina, la cual contiene citoquinina, sustancia similar a las fitohormonas de las cuales se conoce tiene efectos antivirales y no causa efectos colaterales ni toxicidad en pacientes (Arias *et al.*, 2008). El alto contenido de ácido glutámico, que es un aminoácido que se sabe tiene un efecto estimulante del sistema inmunológico, se encuentra en concentraciones particularmente altas en *Pleurotus* (Ciappini *et al.*, 2004) y en forma natural el glutamato monosódico.

Pleurotus tiene propiedades anti-inflamatorias (Garzón y Cuervo, 2008), se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa, y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fungicida y antibiótica, estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus*.

Se ha demostrado que el consumo frecuente de *Pleurotus*, disminuye el nivel de ácidos grasos en la sangre y el colesterol en el hígado (Ciappini *et al.*, 2004), por otro, se detectó un aumento en la relación fosfolípidos-colesterol lo cual sugiere un efecto antiaterogénico favorable, es decir que puede ayudar a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares lo cual también podría ocurrir en seres humanos. Por otro lado, en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus*, se ha encontrado en forma natural una sustancia que

baja el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad. Asimismo, contiene mevinolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMG CoA reductasa, principal enzima responsable en la biosíntesis del colesterol (Bobek *et al.*, 1997).

En experimentos con ratones a los que se alimentó con una dieta rica en grasa y un 2% en peso de biomasa de *Pleurotus* durante 6 meses, se demostró que bajaron los niveles de colesterol y triglicéridos entre un 65 y 80%, en comparación con los especímenes control. A nivel histológico se encontró que el depósito de grasa en el hígado resultó mucho menor por lo que se puede afirmar de un efecto hepatoprotector (Jeannette y Chegwin, 2010). Además de que la disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si solo tiende a hacer que la presión arterial disminuya, se sabe también que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertensión arterial, *Pleurotus* es rico en este mineral (Ciappini *et al.*, 2004). Se ha demostrado que tras la ingesta de este hongo, hay una mejor absorción de minerales a nivel intestinal, debido a la presencia de metaloproteínas.

Los hongos de la pudrición blanca (hongos que crecen en troncos de madera) a los que pertenece esta especie, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (Jeannette y Chegwin, 2010).

3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

El bagazo es el producto de desecho en la industria del azúcar, mismo que se produce en grandes cantidades en los ingenios y que la mayor parte no tiene ninguna utilidad, lo que ocasiona contaminación ambiental. El bagazo de caña de azúcar está constituido de tres grandes grupos de polímeros tales como celulosa, hemicelulosa y lignina, los cuales son los más abundantes en los compuestos orgánicos renovables de la biosfera. Los hongos comestibles poseen una excelente capacidad para degradar sustratos lignocelulósicos como son residuos agrícolas, maderables e industriales (Lucas *et al.*, 2001), por lo tanto, los hongos nos pueden proporcionar alimento y a su vez degradar el bagazo de caña de azúcar evitando contaminación ambiental. En este trabajo, se estudiaron algunas especies nativas consideradas internacionalmente como “especiales o exóticas”, como *Lentinula edodes* (*shii-take*) e *Hypsizygyus* spp., en comparación con las setas (*P. ostreatus*, *P. djamor*, *P. levis*, *P. pulmonarius* y *P. cystidiosus*). Los sustratos a estudiar fueron elaborados con mezclas de bagazo de caña de azúcar y aserrines de encino y *Bursera*.

3.1. Desarrollo

En el lenguaje ordinario, el desarrollo describe un proceso a través del cual se liberan las potencialidades de un objeto u organismo, hasta que alcanza su forma natural, completa. Además, se refiere al proceso a través del cual los organismos logran realizar su potencialidad genética o su perfección. El desarrollo se frustra siempre que la planta o el animal no logra cumplir su programa genético, o lo sustituyen por otro. En el caso de fracaso, su crecimiento no es desarrollo, sino más bien una anomalía.

Entre 1759 y 1859 con Wolf y Darwin, el concepto de desarrollo evolucionó de una noción de transformación, que supone un avance hacia la forma apropiada de ser a una concepción de cambio, que implica encaminarse hacia una forma cada vez más perfecta. Justus Moser, un conservador que fundó la historia social, empleó desde 1768 la palabra *Entwicklung* para aludir al proceso gradual del cambio social. Hacia 1800, *Entwicklung* pone de moda el autodesarrollo. Una década más tarde, se abrieron todas las posibilidades al sujeto humano, autor de su propio desarrollo. El desarrollo se

convirtió en la categoría central del trabajo de Marx: lo mostró como un proceso histórico que se desenvuelve con el mismo carácter necesario de las leyes naturales (Esteva, 1992). El 20 de enero de 1949, el día en que tomo posesión el presidente Truman en E.U.A. se abrió una nueva era para el mundo, la era del desarrollo. Al usar la palabra desarrollo, los países menos desarrollados los aisló en el subdesarrollo, en ese día, dos mil millones de personas se volvieron subdesarrolladas. El desarrollo, que sufrió la más dramática y grotesca metamorfosis de su historia en manos de Truman, se empobreció aun más en las manos de sus primeros promotores, que lo redujeron a crecimiento económico. Para ellos, el desarrollo consistía simplemente en el crecimiento del ingreso por personas en las áreas económicamente subdesarrolladas (Esteva, 1992).

3.2. Desarrollo sustentable

La propuesta de desarrollo sustentable nace con la conferencia de Estocolmo en 1972 donde se coloca la problemática ambiental al alcance de la opinión pública y uno de los fines de estas organizaciones es reorientar la investigación social a partir del estudio de la mutua influencia que existe entre los factores físicos-biológicos y socio-culturales, mencionando así los costos y beneficios para preservar el medio ambiente, plantean que es necesario un análisis detallado de los costos y los beneficios de las tecnologías en uso, alcanzar un desarrollo económico, social, ambiental durable y sostenible. Además plantea, que el problema ambiental se debe a la laxa normatividad y a los escasos valores sociales. Así, la educación se entiende como un estímulo para enriquecer ideas y posiciones de base sobre las relaciones necesarias entre medio ambiente y sociedad (Muller, 1996).

3.3. Biotecnología

En la actualidad diversos autores han definido la palabra biotecnología, por lo que definiremos a la biotecnología mediante el protocolo de Cartagena la cual la describe como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos” (Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología, 2000). La

biotecnología es la tecnología basada en la biología, especialmente usada en agricultura, farmacia, medioambiente, medicina y ciencia de los alimentos (Galván, 2007). La biotecnología se desarrolla en un enfoque multidisciplinario que involucra varias disciplinas y ciencias como biología, bioquímica, genética, virología, agronomía, ingeniería, física, química, medicina y veterinaria entre otras.

La biotecnología es, dentro de las ciencias, un campo de rápida expansión con muchas aplicaciones una de estas áreas de aplicación esta en la producción de nuevas variedades de bebidas y alimentos, tanto por métodos modernos como por técnicas tradicionales (El-Mansi *et al.*, 2007). Durante los últimos 20 años, la biotecnología moderna ha incursionado en diversas áreas, desde el cultivo de tejidos, la manipulación genética de diversos microorganismos, plantas, animales y en la elaboración de diversos producto benéficos al humano. Por lo que ha abierto un gran mercado donde se comercializan organismos genéticamente modificados y existen grandes programas biotecnológicos internacionales (e.g., el genoma humano, los genomas de diversas especies de interés económico) [Martínez-Carrera, 2000].

Por otro lado, la biotecnología nos da las herramientas necesarias para la conservación de diversos organismos como plantas, animales, bacterias y la explotación de hongos benéficos al ambiente y al humano.

3.3.1. Aplicaciones

La biotecnología tiene aplicaciones en importantes áreas industriales como lo son la atención de la salud mediante el desarrollo de nuevos productos para el tratamiento de enfermedades; la agricultura con el desarrollo de cultivos resistentes a plagas y alimentos mejorados. Existe también usos diferentes a los alimenticios como por ejemplo la producción de plásticos biodegradables, aceites vegetales y biocombustibles; al igual los que van relacionados al cuidado del medioambiente a través de la biorremediación, el reciclaje, el tratamiento de residuos y la limpieza de sitios contaminados por actividades industriales (Galván, 2007). En cuanto a las áreas de aplicación de la biotecnología existen diferentes codificaciones, por lo que la

biotecnología de hongos comestibles se encuentra en la biotecnología verde, la cual es la biotecnología aplicada a procesos agrícolas y mediante esta se buscan actividades que produzcan soluciones más amigables con el medio ambiente que los métodos tradicionales de la agricultura industrial.

3.3.2. Biotecnología de hongos comestibles

De acuerdo con la definición de biotecnología que presentamos en este trabajo. La primera búsqueda de crear una tecnología aplicada en la producción de hongos comestibles se encuentran en China donde se cultivo por primera vez un hongo macroscópico comestible (*Auricularia auricula*) en el año 600 de nuestra era, seguido por *Flamulina velutipes* (800 D.C.) y *Lentinula edodes* cultivado por primera vez en el año 1000 D.C. de acuerdo al famoso “Libro Chino de Agricultura” publicado en 1313 (Chang y Miles, 2004).

En Europa se sabe que el champiñón (*Agaricus campestris*) se cultivó inicialmente en Francia hacia el año 1600. Muchas son las teorías dadas sobre el lugar de inicio del cultivo comercial de los hongos, pero la más generalizada es la que tiene como origen en las cercanías de París, Francia (Chang y Miles, 2004). Se menciona que en la Francia del Rey Luis XIV, el jardinero de la corte, Olivier de Serres, aunado a los conocimientos del científico botánico Tournefort permitieron que se realizara lo que puede considerarse como el primer cultivo moderno (Pacioni, 1990). Se señala que posterior a esto y durante muchos años los agricultores fueron recogiendo este tipo de hongo (champiñón), que luego vendían en los mercados mayoristas y por iniciativa de algunos de ellos, por el año de 1852 surgió la idea de recoger trozos de "blanco de hongo" (el micelio del champiñón), y sembrarlos en los hoyos donde posteriormente depositaban semilla de melón para su germinación; El resultado fue bueno, los hongos se desarrollaron acompañados del crecimiento del melón que con sus grandes hojas lo protegían del sol y las lluvias. En 1987 Steineck menciona que fue a finales del siglo XVIII cuando se comprobó que el cultivo realizado en galerías subterráneas, bodegas y minas proporcionaban resultados excepcionales. Los resultados de las investigaciones

de Constantin y Matruchot en 1894, permitieron obtener la calidad óptima que daría a la fungicultura el carácter de industria agraria (Steineck, 1987).

En el intento de repetir la experiencia francesa, en situaciones ambientales muy distintas, el jardinero del Zar de Rusia llamado Oldaker, ideó un sistema de cultivo especial en invernaderos a finales del siglo XIX. Posteriormente emigra a Inglaterra en donde inicia en este país la fungicultura. Este sistema es el mismo que fue adoptado por los emigrantes Ingleses a Estados Unidos, donde fue perfeccionado a altos niveles mediante el llamado "Sistema Americano". En Alemania comenzó a practicarse con gran intensidad a finales del siglo XIX también, siendo en Renania, donde se encuentra el 50 % de las instalaciones alemanas dedicadas al cultivo del champiñón (Steineck, 1987). Constantin y Matruchot mantuvieron en secreto su método haciendo de esto un monopolio por parte del Instituto Pasteur de Francia, hasta que en 1902, Ferguson, un Estadounidense, publicó la descripción de las condiciones controladas para la germinación de las esporas del champiñón y el mantenimiento del micelio. Esto significó el fin del monopolio del mercado de cepas. Para 1903, Louis F. Lambert, inmigrante Belga (o Francés), crea un laboratorio de cultivos puros en St. Paul, Minnesota. Hasta entonces los productores Estadounidenses importaban la composta inoculada desde Inglaterra.

En el contexto de la biotecnología, los Centros de Recursos Biológicos han adquirido gran relevancia económica, ecológica y social en virtud de sus aportaciones a las empresas y pequeñas empresas de tecnología innovadora en el cultivo de hongos comestibles. Además de proveer servicios a las comunidades académicas y también a la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de la industria biotecnológica (Bull *et al.*, 2000). En México mediante la biotecnología de hongos comestibles a apoyado al surgimiento de varias empresas productoras de hongos como son: "PROVEMEX S.A. de C.V." hoy "Champiñones de los Altos" del Grupo Monteblanco y Champiñones de Occidente en el Edo. de Jalisco, "Gigante Verde" hoy "Champiñones San Miguel", en el Edo. de Guanajuato, "Champiñones de Camargo" en el Edo. de Chihuahua, "Champiñones las Capillas" en el Edo. de San Luis Potosí. "Agroindustrias MARVEL" en

Toluca, Edo. de México, “Hongos Leben” en el Edo. de México, “Michoacana de Champiñones” en el Edo. de Michoacán- La empresa ya desaparecida “Alimentos Selectos de Tlaxcala” en el Edo. de Tlaxcala- y actualmente algunas otras que están en vías de construcción y rehabilitación en los estados de Jalisco, Nuevo León, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Veracruz, Hidalgo, Chiapas.

Por todo esto, la biotecnología de hongos comestibles representa una gran importancia para nuestro país en la creación de paquetes tecnológicos e innovaciones en el cultivo de hongos comestibles, proporcionando un desarrollo importante en la economía de la sociedad mexicana.

3.4. Contribución de los hongos comestibles al desarrollo

En este apartado, se pretende denotar la importancia de los hongos comestibles en el desarrollo, ya que es una rama de la industria que ha tenido un gran impacto en el mercado debido a su crecimiento rápido a nivel mundial. Por lo que se da a conocer los países más importantes en la producción de hongos comestibles así como la contribución de México en esta producción.

Los hongos comestibles han sido uno de los manjares predilectos del hombre desde la antigüedad, siendo Europa, Mesoamérica y el sureste de Asia, las tres principales regiones del mundo con hábitos micófagos (Guzmán *et al.*, 1993). Los primeros cultivos de hongos comestibles se han registrado a partir de los siglos VII y X D. C. en China con *Auricularia* spp. y *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.), respectivamente. En el siglo XI DC, se cultivó *Lentinula edodes* (Berk.) Sing. comercialmente conocido como *shii-take*, para autoconsumo en Japón. En Francia (1600), se inició el cultivo comercial de *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach y, en el siglo XX el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. (Martínez-Carrera *et al.*, 1991). Además de los países ya mencionados, también se pueden citar como productores de *Agaricus* spp. a Corea del Sur, Estados Unidos, Inglaterra, Irlanda, Taiwan, España, Holanda, Italia y México, por mencionar algunos (Chang y Miles, 1990; Guzmán *et al.*, 1993). A partir de las tecnologías generadas principalmente por los países europeos y asiáticos, se ha

desarrollado una gran industria mundial que se ha transferido principalmente a los países con tradición micófaga como México (Chang y Miles, 1989; Martínez-Carrera *et al.*, 1995).

Actualmente hay cerca de 80 especies de hongos que se han logrado cultivar en forma experimental, 22 de manera comercial y 10 a escala industrial. Las 10 especies de hongos comestibles con mayor producción en el mundo en 1994 fueron: *Agaricus* spp. (37.6%), *Lentinula* spp. (16.8%), *Pleurotus* spp. (16.2%), *Auricularia* spp. (8.6%), *Volvariella volvacea* (6.1%), *Flammulina velutipes* (4.7%), *Tremella fuciformis* (3.2%), *Hypsizygus marmoreus* (1.1%), *Pholiota nameko* (0.5%), *Grifola frondosa* (0.3%) y otros (4.9%) [Chang, 1999].

La importancia de los hongos comestibles esta relacionado por tres razones principales:

1. Como fuente de alimento (además de los beneficios a la salud)
2. Para mantener la salud de los bosques
3. Y como fuente de ingresos económicos

En la parte económica el cultivo de hongos comestibles es una actividad productiva que se ha desarrollado ampliamente en diversas partes del mundo. Se trata de una actividad industrial, cuya producción se eleva constantemente desde 1965, dando cuenta de las capacidades de rentabilidad y adaptabilidad de esta biotecnología alimentaría, así como su gran potencial para ser transferida hacia otros países (Chang, 1999).

La producción mundial supera los 6.2 millones de toneladas de hongos frescos por año. Su valor económico aproximado supera los 30 billones de dólares. La tasa promedio de incremento anual es superior al 11%. Últimamente, la confirmación de propiedades medicinales en estos hongos, tanto en la fase vegetativa (micelio) como reproductora (cuerpo fructífero), así como el descubrimiento de sus mecanismos biológicos de acción, están promoviendo un impulso adicional a su desarrollo. Se estima que ya se generan operaciones comerciales de alto valor agregado superiores a los 6 billones de dólares en los mercados internacionales de la industria alimenticia, farmacéutica, y de

perfumería y cosméticos. Además, se observa una creciente demanda de los productos derivados de hongos comestibles en Europa, Norteamérica y Japón, a través de nutracéuticos (suplemento dietético elaborado con compuestos bioactivos extraídos de alimentos naturales), nutricéuticos (cápsulas o tabletas con extractos purificados de hongos comestibles utilizados con propósitos terapéuticos), suplementos alimenticios y bebidas tonificantes. A nivel mundial, el segundo hongo comestible cultivado más importante es el *shiitake*, ya que se produjeron 1,534,000 toneladas métricas en 1997. Tan sólo, durante el período 1985-1997, la producción mundial de *shii-take* se incrementó más del 327% y, actualmente continúa incrementándose a tasas superiores al 25% anual (Chang, 1999; Royse, 1997). La mayor parte (>98.5 %) de esa producción comercial se genera en China con el 87.1%, Japón aporta el 8.6%, Taiwán sólo 1.7% y Corea del Sur 1.1% (Chang, 2002).

La producción de hongos comestibles en Latinoamérica (principalmente champiñón) se incrementó en un 32% de 1995 al año 2001. Provocando una derrama económica de más de 167 millones de dólares al año y creando 34,000 empleos en esta actividad. Los países que más producción alcanzaron en el período 2001, fueron México con el 58.6%, Chile aportó el 17.6% y Brasil el 10.6%, acaparando el 86.8% de la producción total de hongos comestibles en Latinoamérica (Martínez-Carrera, 2002). De esta manera, la producción de hongos comestibles ha evolucionado a tal grado que México, es en este momento el principal productor en Latinoamérica ocupando el vigésimo octavo lugar a nivel mundial y donde el consumo *per cápita* se ha incrementado lentamente y ha sido constante. Algunas de las características que han permitido que la producción de hongos comestibles se haya desarrollado comercialmente son sus relativamente sencillos requerimientos nutricionales de estos; el uso de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales como fuente nutritiva; y su fácil manejo (Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1990; Martínez-Carrera *et al.*, 1993).

Actualmente, el cultivo de hongos comestibles ha tomado gran importancia en nuestro país debido a la amplia demanda de estos productos a nivel nacional e internacional. Además, la posición estratégica de México, tanto geográficamente como por sus

relaciones y tratados comerciales internacionales, le confieren grandes ventajas competitivas con relación a otros países productores (Martínez- Carrera, 2000). Otra razón de este crecimiento en la producción de hongos comestibles es que esta tecnología se ha transferido (a partir de 1989) hacia el sector rural de manera constante y rápida, ya que puede ser adaptada a condiciones de producción a pequeña escala, utilizando técnicas de bajo costo, en pequeñas áreas y en períodos cortos de tiempo (Martínez-Carrera *et al.*, 1995).

Sin embargo, en México la transferencia de esta tecnología no ha sido completamente eficiente debido a la falta de suficiente personal científico y técnico capacitado para realizarla en todas las regiones del país. Además, existen varios factores que han ocasionado que muchas plantas productoras de hongos comestibles, tanto rurales como urbanas, hayan cerrado sus puertas al poco tiempo de su funcionamiento, entre los cuales cabe mencionar: 1) las escasas posibilidades económicas de los productores rurales para invertir en la infraestructura necesaria; 2) la falta de apoyo institucional en capacitación y financiamiento a los productores que ya existen o que desean iniciar esta actividad productiva; 3) el sistema centralizado de la comercialización que se practica en nuestro país; 4) la falta de organización de los productores; y 5) la presencia de agentes biológicos nocivos (ABN) que contaminan al cultivo, los cuales reducen el rendimiento y la rentabilidad de la producción.

Aun así, la producción de hongos comestibles a nivel mundial en 1994 se obtuvo una producción de 4 909 000 ton, en la que nuestro país contribuyó con una producción de 28,895 ton representando un 0.6% de la producción total, por lo que México se ubicó en el 18° lugar. China fue el país con mayor producción aportando el 52.5% al total, seguido por Estados Unidos, Japón, Francia, Holanda y Reino Unido, los que aportaron el 8%, 7.9%, 5.4%, 3.9% y 2.8% respectivamente. Del total de la producción de hongos comestibles, 797 400 toneladas corresponden a las diferentes especies de *Pleurotus* (Martínez-Carrera *et al.*, 1999). En México, durante el periodo de 1990-1997 se observó un incremento en la producción superior al 400%. En este último año se estimó una producción de 1825 toneladas, lo cual significa un nivel de producción comercial de

unas 5 ton/día. Por esta razón, México se ha considerado como el principal productor de América Latina (Martínez-Carrera *et al.*, 1993).

En la parte de recolección de hongos comestibles, tenemos que en la actualidad a nivel mundial, algunos países asiáticos y del hemisferio Norte han despertado el interés del cultivo y recolección de estos, siendo una agroindustria de gran desarrollo que no solo genera divisas considerables sino que también absorben mano de obra durante todo el año. El aspecto expansivo y tecnológico de este tipo de cultivos, se debe al aumento en el consumo, donde solo en EEUU y Europa se incrementa en un 12% todos los años (García, 2006). La potencialidad de la producción de hongos comestibles es muy grande. Aunque sólo se cultiva una veintena de especies en Europa y EEUU que no alcanza a cubrir la demanda mundial. La mayoría de los países productores también son importadores ya que el consumo promedio en esos países es muy alto y su producción no alcanza a cubrir la demanda. En el caso de Japón y Hong Kong fueron los principales importadores de Champiñones en el año 2002, según lo muestran las exportaciones de setas, hongos frescos y de champiñones (García, 2006). Las exportaciones mundiales de setas y hongos (champiñón) entre 1995 y el 2002, crecieron a una tasa del 10.4% promedio anual; en el 2002, se comercializaron 346 mil toneladas por un valor de 753 millones de dólares. El país con mayor importancia en la exportación es Irlanda donde el valor de sus exportaciones se incremento entre 1995 y el 2002, en un 8.3%. Las exportaciones de China, el segundo exportador mundial, en este mismo periodo crecieron a una tasa del 6%. Sobresale, por el incremento de las exportaciones, Alemania, que pasó de 1000 toneladas en 1995 a 10.608 toneladas en el 2002, con una tasa de crecimiento anual del 40%.

Por otro lado, las setas y los hongos frescos son productos de relativo escaso comercio internacional, ya que, por lo general, la producción de los países se destina al consumo interno. En el 2002, el comercio internacional de setas y hongos frescos equivalió, en volumen, a cerca del 10% de la producción de este cultivo. La comercialización de setas y hongos con algún grado de procesamiento, como champiñones secos y enlatados, tienen mayor importancia comercial que las setas y los hongos frescos; en el

2002 las exportaciones de champiñones secos y enlatados fueron de 538 mil toneladas, cifra que equivale al 18% de la producción de setas y hongos frescos en ese año. En el 2002 las exportaciones mundiales de champiñón enlatado, ascendieron a 509.152 de toneladas por 627 millones de dólares. China, históricamente, se ha caracterizado por ser el principal exportador de champiñones enlatados, situación que se mantuvo en el año 2002, cuando exportó 238 mil toneladas, equivalente al 48% de las exportaciones mundiales. Le sigue en importancia Holanda (24%), que exportó 123 mil toneladas. Las exportaciones mundiales de champiñón seco, en el 2002 fueron de cerca de 30 mil toneladas por un valor de 205 millones de dólares. De nuevo, el mayor exportador es China, con un 49% del mercado. Irlanda es segundo (con un 11% del mercado), y sobre sale Chile como exportador latinoamericano de hongos secos (con un 2% del mercado) (García, 2006).

Por otro lado, también se observó un cambio en las especies cultivadas en los comienzos de las décadas de los 80s el champiñón representaba más del 70% de la oferta mundial. Solamente el 2.8% de dicha producción correspondía a las especies del género *Pleurotus* y el 14.3% a *Lentinula edodes*. En tanto, la producciones actuales sitúan a la producción de *Pleurotus* spp. en el segundo lugar, representando el 20% de la producción mundial de hongos comestibles. Solo China produjo 1.722.645 toneladas de hongos de dicho género en el 2000, lo que representa un incremento del 70% de la producción total de hongos de ese país (Rodríguez, 2007). Las tendencias de la producción del mercado mundial giran en torno a especies que conjugan valor por sus propiedades medicinales vinculadas con la tecnología de producción. El *shii-take* (*Lentinula edodes*) y las setas (*Pleurotus* spp.) son dos especies que lograron un buen posicionamiento en el mercado, por reunir ambas propiedades.

El cultivo de setas, a pesar de haber sido practicado comercialmente por menos de treinta años a nivel mundial, se ha destacado por una rápida aceptación del consumidor, con un crecimiento igualmente rápido de la agroindustria (Rodríguez, 2007). Este no tiene precedentes en el cultivo de hongos, lo que es atribuible a su calidad organoléptica, por crecer sobre una gran diversidad de sustratos (paja de

cereales, cáscara de cacahuete, cascarilla de arroz, aserrín de diferentes especies, etc.), por no requerir de un complejo composteo como el champiñón, o por que tampoco necesita de una fase de inmersión como el shii-take, factor que hacen que su cultivo sea tal vez uno de los más sencillos de todos los conocidos.

3.5. Mercado de hongos comestibles en México

En México existe una alta concentración industrial en la que participan unas 7 empresas, entre ellas: “Hongos Leben”, S. de R. L. V.; “Hongos de México”, S. A. de C. V., las cuales son las más grandes y antiguas y se encuentran en el Estado de México; “Monterrey Mushrooms”, Inc., “Alimentos Selectos de Tlaxcala”, S. A.; “Champiñones Los Altos”, S. A.; “Hongos del Monte”, S. A.; y “Champiñones El Riojal”, S. A. (Martínez-Carrera *et al.*, 1999). Dado su peso relativo en el sector, estas empresas prácticamente fijan el precio de los hongos en el mercado nacional. En general el criterio para establecer el precio de los hongos comestibles ha obedecido más a prácticas oligopolíticas que a una estrategia definida de precios que obedezca a un análisis consistente de la demanda, los costos, la competencia, el área geográfica o la influencia de los intermediarios, mayoristas o minoristas y menos aún se observa una estrategia de precios debida a la calidad de los hongos.

3.5.1. Plaza o distribución del hongo

Se ha observado que los canales de comercialización para los hongos comestibles son diversos y cada uno con un margen de comercialización distinto. En relación a los hongos comestibles cultivados existen amplias cadenas de distribución que mantienen un número alto de intermediarismo, lo que incrementa el precio final al consumidor. En la región central de México (Puebla, Estado de México y D. F.) se han observado distintos niveles de comercialización. En la región de Cuetzalan, Puebla, se observaron de 2 a 3 niveles; en la región de Toluca, Estado de México, se identificaron de 0 a 2 niveles. Cuando estos trasladan su producto a la central de abastos de México, D. F., los niveles aumentaban hasta 4. El proceso que siguen los hongos comestibles cultivados en la Central de Abastos de la ciudad de Puebla, Puebla, consta de 3 a 4 niveles, que va del productor al consumidor final. Todas estas formas de

comercialización han provocado un control casi total de las ventas de hongos comestibles cultivados por los mayoristas dentro de la Central de Abastos de la ciudad de México, D. F.

En términos generales, se puede deducir que los márgenes de ganancia favorecen más a los mayoristas que a los minoristas y menos al productor. Martínez-Carrera *et al.* (2000), aseveraron que los mayoristas de la Central de Abasto de México, D. F. (donde se concentra entre el 80% y 90% de la producción nacional), no agregan beneficio alguno al productor y se concretan simplemente a trasladarlos quedándose con la mayor parte del margen de su ganancia. Su posición les ha permitido ejercer vínculos de poder con grandes productores al tiempo que también manipulan el precio a su favor, en decremento de los pequeños productores y recolectores rurales. Estos mayoristas tampoco invierten en infraestructura mínima que permita conservar el producto, lo cual repercute en la calidad, disponibilidad y precios a los consumidores. No existen grandes inversiones en difusión o publicidad que justifiquen dichos márgenes, ni por parte de algún miembro del sector ni por su procesamiento (Aguilar, 2001). Debido a que la utilidad adicional de forma, tiempo o posesión, que añaden los intermediarios al productor es muy baja, se puede deducir que el proceso de mercadeo es insuficiente.

3.6. Paquete tecnológico

Un paquete tecnológico es el conjunto integrado de conocimientos tecnológicos necesarios para la producción de bienes y servicios (Tecnologías de producto, equipo, proceso, operación y organización). Un paquete tecnológico para producir y comercializar un producto o servicio nuevo o mejorado, puede contener una o varias tecnologías y normalmente incluye el detalle de equipos, instrumentación, infraestructura y otros activos complementarios. Un elemento esencial para la innovación es la integración del paquete tecnológico. Éste deberá contar, de acuerdo a las necesidades del usuario, tanto conocimientos científicos y empíricos, como ingeniería básica y de detalle, además de proporcionar los ajustes necesarios para que el producto salga al mercado. La elaboración del paquete es el resultado de la

participación de uno o varios organismos en conjunto, ya sean universidades, institutos de investigación o empresas. Mientras que las universidades pueden ser fuente del conocimiento tecnológico, las empresas buscan la manera de aplicar dicho conocimiento en productos viables de comercialización. Sin embargo, para que el paquete tenga éxito en el mercado deberá ofrecer un buen valor de cambio.

La tecnología engloba todas estas ideas y algo más, ya que es "un paquete de conocimientos organizados de distintas clases (científico, técnico, empírico, etc.) provenientes de diversas fuentes (descubrimientos científicos, otras tecnologías, libros, manuales, patentes, etc.) a través de métodos diferentes (investigación, desarrollo, adaptación, copia, expertos, etc.)" Dicha definición es, entonces, lo que nos lleva a hablar del paquete tecnológico (Sabato y Mackenze 1982; Giral y González, 1980). Este modelo de explicación del cambio técnico permite identificar e incorporar todos los elementos o insumos que intervienen en dicho cambio, haciéndolo además sin perder de vista las características inherentes a cada elemento y su interacción con las otras partes del paquete. Resulta conveniente aclarar algunas expresiones comúnmente utilizadas para designar ciertos tipos de tecnología, que han creado más confusión que entendimiento del fenómeno. La calificación que se da a la tecnología dependerá del criterio con el que ésta se contemple, que podrá ser social, económico, técnico, ecológico o de otra índole.

3.6.1. Características de un paquete tecnológico

1. Identificación de elementos que demuestren el nivel de formación, aprendizaje, experiencia y asimilación de conocimientos técnicos-gerenciales del personal que ha participado en el proceso de desarrollo del paquete.
2. Identificación de elementos inherentes a los requerimientos de información y servicios técnicos que han servido de apoyo a la organización generadora del paquete.
3. Identificación de los elementos inherentes a los requerimientos tecnológicos para el desarrollo del proceso o producto que como desarrollo técnico definen la esencia del paquete.

4. Demostración de algún tipo o tipos de Software que haya (n) sido generado (s) como producto (s) colateral (es) al desarrollo técnico sobre el cual se sustenta el paquete y que evidencie pautas de utilización directa o indirecta en aplicaciones comerciales futuras.
5. Demostración de elementos que evidencien algunas garantías del mercado del producto o proceso sobre el cual se ha sustentado el desarrollo del paquete.
6. Identificación de elementos que evidencien la obtención de beneficios colaterales en relación a la contraprestación que pueda generar la explotación comercial del producto o proceso.
7. Identificación de elementos relativos a la generación de costos relacionados a actividades de promoción y/ o divulgación del producto o proceso.
8. Identificación de elementos que evidencien algunas pautas de comercialización futura relacionadas a la explotación del producto o proceso. Dichas evidencias de comercialización futura no son susceptibles de estimación de costos y, más bien, su identificación debe ser concebida como garantía del beneficio económico que podrá generarse para las partes interesadas en la explotación comercial del desarrollo técnico.

4. JUSTIFICACIÓN

La caña de azúcar es un cultivo ampliamente difundido en México, existen más de 15 regiones cañeras distribuidas en la costa del Pacífico, Área Central, Golfo de México y área del Caribe en la Península de Yucatán (Secretaría de economía, 2004), por lo que ocupa el octavo lugar a nivel mundial. Linneo le dio el nombre de *Saccharum officinarum* a la caña de azúcar. El cultivo de la caña de azúcar es el más antiguo en el mundo, se cree que empezó hace unos 3.000 años como un tipo de césped en la isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo. Se menciona en antiguos textos mitológicos y poéticos indios que entre los años 100 y 800 A. C. y en textos legislativos entre 200 A. C. y 200 D. C. Probablemente se introdujo en China alrededor del año 100 A. C.

México ha pasado durante los últimos años por diferentes etapas en el cultivo de la caña de azúcar, ya que de ser un país tradicionalmente exportador, se convirtió en la década de los 70s en importador aunque en los últimos años llegó nuevamente la autosuficiencia con una cosecha estimada en 1985/86 en 3.800.000 ton. de azúcar, con los que se logró un súperavit estimado en más de 500.000 ton. Durante la producción de azúcar se origina una gran proporción de bagazo de caña de azúcar, el cual se utiliza para combustible y, otro tanto, para la producción de papel. El bagazo es el residuo del tallo o cuerpo de la caña de azúcar que queda después de que se extrae el jugo, ya sea en el ingenio o en el trapiche. A pesar de utilizarse tradicionalmente para estos fines, existe poca investigación a cerca de la utilización del bagazo para obtener alimento, otra alternativa de su uso es el cultivo de hongos comestibles, ya que, por un lado se produce alimento y por el otro, se acelera la degradación del material lignocelulocico, haciéndolo más fácil de digerir e incorporarlo al suelo. En este trabajo se usó el bagazo de la caña de azúcar como suplemento para el cultivo de hongos comestibles, como una alternativa de los productores interesados en cultivar hongos comestibles en las regiones productoras de caña de azúcar.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En México existe una gran aceptación en el consumo de hongos comestibles, por lo que se observa un crecimiento acelerado de la venta en el mercado. Por mencionar, la producción de hongos comestibles en Latinoamérica (principalmente champiñón) se incrementó en un 32% de 1995 al 2001. En México, se producen alrededor de 46,533 toneladas anuales provocando una derrama económica de más de 121 millones de dólares al año y creando 25,000 empleos en esta actividad (Martínez-Carrera *et al.*, 2010). El país con mayor producción en el período 2001 fue México con el 58.6%, de la producción total de hongos comestibles en Latinoamérica (Martínez-Carrera, 2002). Pero a pesar de existir un gran mercado de hongos comestibles, sólo son 3 los más reconocidos en el país: *Agaricus bisporus* (champiñón), *Pleurotus ostreatus* (seta), *Lentinula edodes* (*shiitake*), a pesar que México es un país conocedor de una gran variedad de hongos comestibles desde nuestros antepasados. En este aspecto, suena contradictorio ya que siendo un país con hábitos micófagos y conocedores de un gran número de especies de hongos comestibles, no se hayan desarrollado técnicas que nos permitan cultivar un mayor número de especies a nivel comercial. El cultivo de champiñones requiere de sustratos sujetos a diversos procesos de compostaje. Sin embargo, se tiene muy poca experiencia en el país sobre la utilización de sustratos estériles para el cultivo de hongos comestibles. Por ello es necesario desarrollar procesos biotecnológicos intensivos con base en sustratos estériles lo que permitiría reducir la contaminación y a su vez explorar el cultivo de especies novedosas de hongos comestibles, funcionales y medicinales. Estas especies pueden tener un gran potencial en el mercado de nuestro país. Además, este tipo de procesos intensivos nos permite conocer otros sustratos que pueden utilizarse en el cultivo de hongos, y sustituir por otros que no pongan en riesgo el medio ambiente.

6. HIPOTESIS

En Puebla existen ingenios azucareros productores de grandes cantidades de bagazo de caña de azúcar, el cual tiene un gran potencial para la producción de variedades especiales de hongos comestibles debido al carácter lignocelulósico. Por ello se plantea la hipótesis de que es posible desarrollar procesos bitemológicos intensivos con base en sustratos estériles con bagazo de caña como suplemento. Estos procesos le permitirán al país explorar el potencial de cultivo de sus recursos genéticos nativos de hongos comestibles, funcionales y medicinales.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general

Desarrollar un proceso biotecnológico intensivo para el cultivo de especies novedosas de hongos comestibles, funcionales y medicinales, empleando como suplemento el bagazo de la caña de azúcar.

7.2. Objetivos particulares

1. Elaborar sustratos usando el bagazo de la caña de azúcar (bca) como suplemento en formulaciones a base de aserrín.
2. Cultivar diferentes variedades especiales de hongos comestibles a nivel de planta piloto, determinando las características morfológicas y fisiológicas de los hongos estudiados.
3. Desarrollar un proceso biotecnológico intensivo para la producción de variedades especiales, el cual pueda transferirse a productores locales de diferentes comunidades rurales.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles y Medicinales del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla. La metodología general del presente trabajo se muestra en la **Figura 3**.

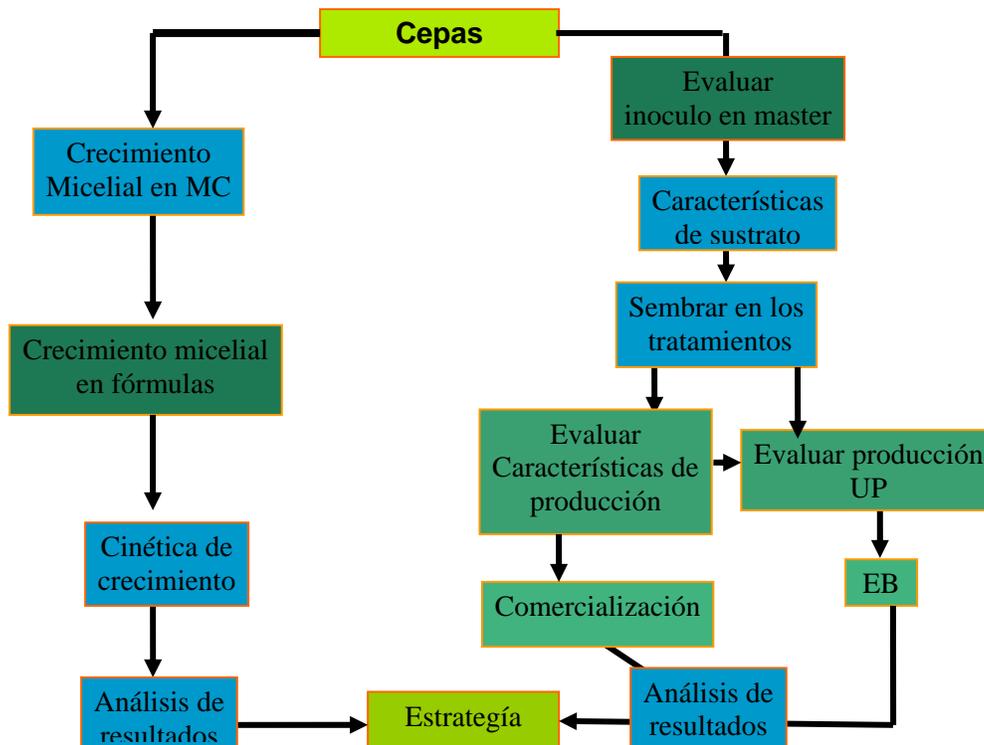


Figura 3. Diagrama de flujo donde se muestra de manera esquemática las variables determinadas en este trabajo de investigación. MC= Medio de cultivo, UP= Unidad de producción, EB= Eficiencia biológica.

8.1. Material biológico

Se estudiaron diez cepas pertenecientes a tres géneros: *Pleurotus* (7), *Hypsizygyus* (2) y *Lentinula* (1). Dentro del género *Pleurotus* se utilizaron las especies *P. cystidiosus* (CP-18), *P. levis* (CP-30), *P. ostreatus*, (CP-50), *Pleurotus* sp. (CP-98 y CP-194), *P. djamor* (CP-253) y *P. pulmonarius* (CP 267). El género *Hypsizygyus* estuvo representado por la cepa CP-184 de *H. marmoreus* y la CP-185 de *H. tessulatus* y, una especie de *Lentinula edodes* (CP-7). Su clave y procedencia se muestra en la **Tabla 15**.

Tabla 15. Procedencia de las diferentes cepas de los géneros *Pleurotus*, *Hypsizygus* y *Lentinula* utilizados en este trabajo de investigación.

Cepas	Clave	Procedencia
<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	CP-7	Hong Kong
<i>P. cystidiosus</i> (Miller).	CP-18	Jardín Botánico F. J. Clavijero, Xalapa Ver.
<i>P. levis</i> (Berk, & Curt.) Singer	CP-30	Autopista Puebla-Cholula, Km 1
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm	CP-50	Comercial
<i>Pleurotus</i> sp.	CP-98	Hidalgo
<i>Hypsizygus marmoreus</i> (Peck),	CP-184	Japón
<i>Hypsizygus tessulatus</i> (Bull.: Fr.) Sing	CP-185	Japón
<i>Pleurotus</i> spp.	CP-194	San Isidro Buensuceso, Tlaxcala
<i>P. djamor</i> (Fr.) Boedijn	CP-253	Quintín Arauz, Tab.
<i>P. pulmonarius</i> (Fr.) Qué!	CP-267	F. C. Forestales, UANL, Linares, N. L.

CP= Colegio de Postgraduados.

8.2. Mantenimiento de las cepas seleccionadas

Las cepas se mantuvieron y sembraron en agar y extracto de malta (EMA, DIFCO) y papa dextrosa y agar (PDA, Bioxon) en el Laboratorio del Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles y Medicinales del Colegio de Postgraduados (CREGENHC), *Campus* Puebla. El medio de cultivo se preparó siguiendo las indicaciones de la marca. Esta consistió en poner el medio de cultivo en agua destilada estéril, se hirvió en un horno de microondas hasta que se homogenizó con el agua, posteriormente se esterilizó a 121 °C a 15 lb/in² de presión por 20 min. Una vez estéril se vertió en cajas Petri de 60 por 15 mm a razón de 10 ml por caja Petri, en una campana de flujo laminar (VECO, México). Una vez preparadas las cajas con medio de cultivo, se inocularon con tres fragmentos provenientes de otras cajas Petri invadidas por las cepas en estudio. Las cajas inoculadas se incubaron a 25 °C hasta que el micelio invadió todo el medio de cultivo.

8.3. Crecimiento micelial de las cepas en tres medios de cultivo

Las cepas estudiadas, en base a sus antecedentes de crecimiento, se clasificaron en cepas rápidas y cepas lentas. Las cepas se inocularon en 3 medios de cultivo BFS (All

bran, agar bacteriológico y extracto de malta), EMA (extracto de malta y agar, DIFCO) y PDA (papa dextrosa agar, Bioxon) en caja Petri. En el caso de las cepas rápidas, se inocularon 20 cajas por cepa y por medio, en el caso de las cepas lentas se inocularon 14 cajas por cepa y por medio.

En este trabajo, se elaboró 350 ml de medio de cultivo conforme a las especificaciones de cada medio en frascos de 500 ml y se esterilizaron en autoclave a 121 °C a 15 lb/in² por 20 min, una vez esterilizado el medio, se vertió en cajas Petri de plástico estériles de 6 cm de diámetro. Las cajas se inocularon con un fragmento de 5 mm de diámetro con medio de cultivo previamente invadido con el micelio de las cepas a estudiar y se incubaron a 25 °C. Las lecturas de la cinética de crecimiento micelial en medio de cultivo, se llevó acabo cada tercer día y de forma radial de dicho crecimiento, tomando así 4 mediciones por caja Petri, con los datos se estimó la tasa de crecimiento (k_r) en dichos medios y en las formulaciones elaboradas en caja Petri, la cual se calculó con la función de crecimiento lineal $y = k_r x + c$ (donde y es la distancia y x es el tiempo) expresada en milímetros por día (mm/día) [Zervakis *et al.*, 2001].

Por otro lado, se determinó el pH del medio de cultivo durante el desarrollo micelial, tomando muestras en los días 0, 6 y 12, para las cepas CP-7, CP-30, CP-50, CP-98, CP-184, CP-185, CP-253 y CP-267. Las cepas CP-18 y CP-194 se les tomaron muestras los días 0, 15, 30 días y la última muestra al final de la colonización. El pH se determinó homogenizando el medio de cultivo de los diferentes tiempos, para eso se tomaron 3 cajas Petri de cada medio de cultivo de cada tiempo y se colocaron en tubos con 13 ml de agua destilada y se homogenizó con un procesador de alimento (Braun), posteriormente se midió dicho parámetro con ayuda de un potenciómetro (Conductronic, E.U.A.) previamente calibrado.

8.4. Crecimiento micelial de las cepas en mezclas de sustratos

El sustrato utilizado en este trabajo fue una mezcla a base de aserrines de encino (*Quercus acutifolia* Neé), bursera (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), olote de maíz (*Zea mays* L.) suplementado con bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

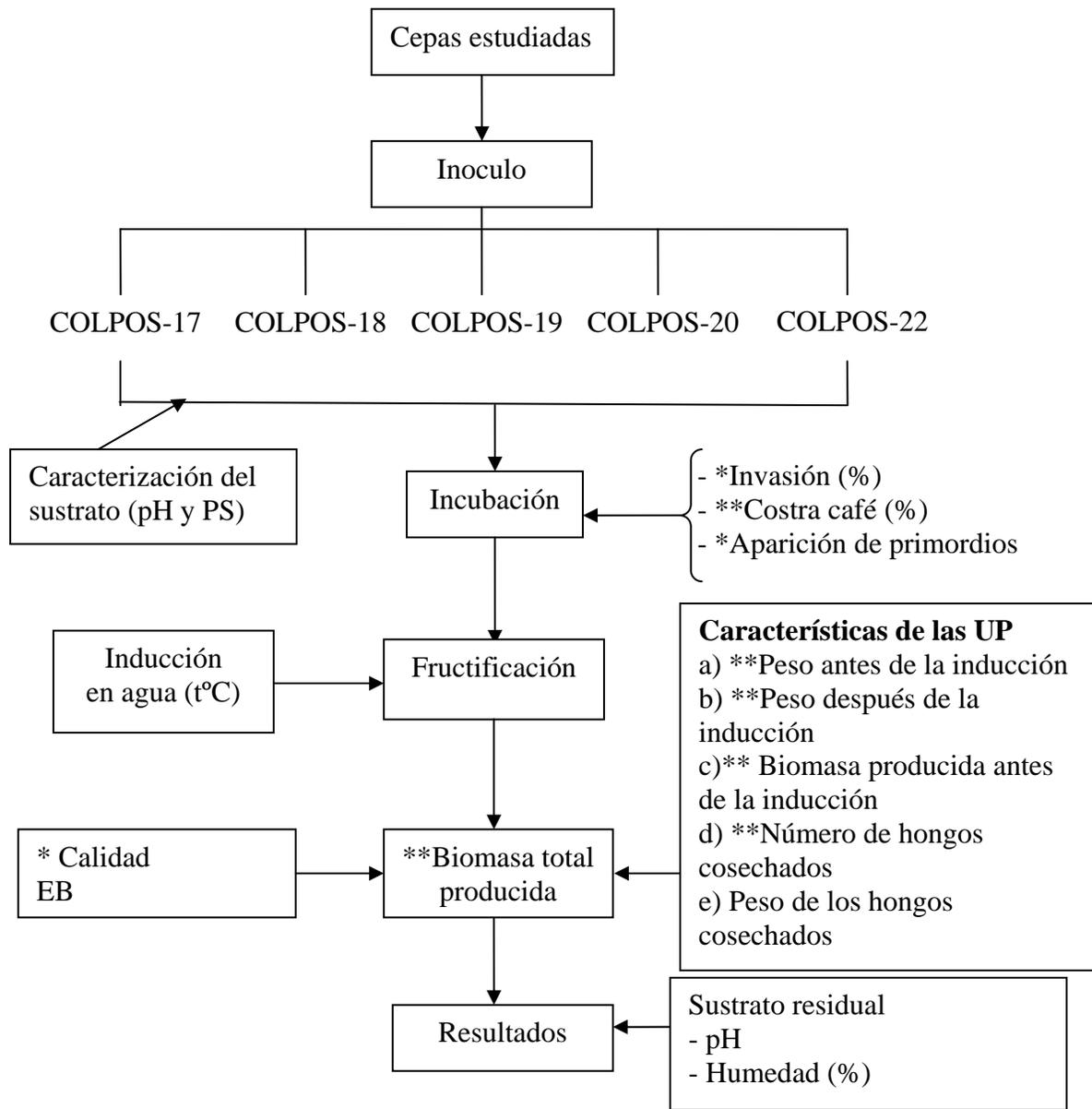
(Fórmulas COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-19, COLPOS-20 y COLPOS-22), utilizándose 10 g de la mezcla en base seca por caja petri. Por cada cepa, se utilizaron 5 réplicas, se evaluaron 10 cepas con las 5 formulaciones antes mencionadas.

Las cepas se inocularon en medio de cultivo extracto de malta y agar (EMA, DIFCO), según las especificaciones del fabricante. Una vez preparadas las cajas con el medio de cultivo, las cepas se inocularon utilizando fragmentos de micelio provenientes de otras cajas con micelio de la cepa a estudiar. Posteriormente, se incubaron a 25 °C hasta que cubrió el micelio toda la superficie del medio de cultivo en la caja Petri.

El sustrato se hidrato hasta alcanzar una humedad de 54 a 65% dependiendo la mezcla utilizada. Posteriormente, se colocaron 45 g en caja Petri con 5 réplicas por cada cepa y se esterilizaron en autoclave a 121 °C a 15 lb/in² de presión por 1 h. Una vez frío el sustrato, se inoculó con un fragmento de agar de un diámetro de 5 mm con micelio de las cepas a estudiar (Murrieta *et al.*, 2002), en una campana de flujo laminar (VECO, México). Las variables a medir fueron: tasa de crecimiento micelial en las mezclas, forma del micelio presente por cepa, tiempo de formación de primordios en caja Petri, y el pH del sustrato invadido por el micelio. Las lecturas de la cinética de crecimiento micelial se llevaron acabo cada tercer día.

8.5. Evaluación de la producción de las cepas estudiadas

La evaluación de cuerpos fructíferos de las diferentes cepas utilizadas en este trabajo de investigación se resume en la **Figura 4**.



pH= Potencial de hidrógeno. PS= Peso seco. EB= Eficiencia biológica. *Parámetros medidos en todas las cepas estudiadas. ** Parámetros evaluados específicamente en *L. edodes*.

Figura 4. Diagrama de flujo que muestra como se evaluó las cepas estudiadas en los diferentes sustratos.

8.5.1. Preparación de inóculo de las cepas estudiadas

La preparación del “inóculo” se desarrolló siguiendo la metodología propuesta por Martínez-Carrera *et al.* (1988), y la cual consiste en hidratar el trigo (*Triticum sativum* Lam.) en agua hirviendo por 20 min y se dejó reposar por otros 20 min. Se agregó cal y

yeso en una proporción 1:4 por kilogramo de trigo seco, mezclando homogéneamente y se colocaron 600 g de éste trigo en botellas de boca ancha de 940 ml, y se esterilizaron en autoclave a 121 °C y 15 lb/in² de presión durante 60 minutos. El material ya frío, se inoculó con fragmentos de 1 cm² de agar con micelio de la cepa a estudiar y se incubaron hasta su completa colonización. A estos frascos se les denominó “máster”. Posteriormente, se prepararon UP de 3 (F1), se envasaron en bolsas de polipapel de 47 x 24.5 cm con filtro (Unicorn, Tx, USA), adicionando 2700 g de trigo. Se esterilizaron bajo las mismas condiciones antes descritas. Una vez estériles y frías se inocularon con las cepas propagadas en los masters y se incubaron en condiciones ambientales de laboratorio, con una temperatura de 22-26 °C.

8.5.2. Evaluación de la producción

Los tratamientos para esta parte de la investigación fueron las formulaciones anteriormente descritas y dependieron de las cepas, en el caso de las cepas del género *Pleurotus* (CP-18, CP-30, CP-50, CP-98, CP-194, CP-253 y CP-267) e *Hypsizygus* spp. (CP-184 y CP-185) se utilizaron las formulaciones COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-19, COLPOS-20 y COLPOS-22. En el caso de la cepa CP-7 de *L. edodes*, se utilizaron las fórmulas COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-20 y COLPOS-22. En la **Tabla 16** se muestran las cantidades requeridas para cada formulación. Los tratamientos se mezclaron homogéneamente, y se envasaron en bolsas de polipapel con filtro de 13.5 x 48 cm (Unicorn, Tx, USA) en unidades de producción de 4 kg (UP4) en el caso de *L. edodes*, y en el resto se utilizaron unidades de producción de 3 kg (UP3). Para encontrar la humedad óptima, se usó la “prueba de puño” (Stamets, 2000), que consiste en tomar una muestra húmeda del sustrato y apretarla con la mano, si al presionar el sustrato caen algunas gotas, el sustrato estará suficientemente hidratado, de lo contrario es necesario seguir añadiendo agua. Todas las bolsas se sellaron y se esterilizaron a 121 °C por 90 minutos.

Tabla 16. Preparación de los sustratos suplementados con bagazo de caña de azúcar para la producción de *Pleurotus*, *Hipsizygyus* y *Lentinula*.

Ingredientes	U	Formulaciones				
		COLPOS-17	COLPOS-18	COLPOS-19	COLPOS-20	COLPOS-22
Bagazo de caña de azúcar (L.)	kg	1.28	0	1.28	0	0
Salvado de trigo	kg	2.97	2.97	2.97	2.97	2.97
Aserrín de encino (<i>Quercus acutifolia</i> Neé)	kg	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43
Aserrín de <i>Bursera</i> [B. <i>simaruba</i> (L.) Sarg.]	kg	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
Olote de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	kg	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
H ₂ O	L	26	26	29 (26)	23	26
Cal [Ca(OH) ₂]	g	450	300	2000	0	450
Yeso [CaSO ₄]	g	1800	1200	8000	0	1800
pH del sustrato antes de esterilizar		6.34	8.66	11.97	5.82	6.34
pH del sustrato después de esterilizar		6.39	6.55	10.9	5.47	6.39
Contenido de humedad del sustrato antes de esterilizar	%	62.76	66.67	53.6	66.66	62.76
Contenido de humedad del sustrato después de esterilizar	%	64.48	65.49	55.84	54.67	63.17
Peso seco en 1000 g de peso húmedo		355.2	345.1	441.6	453.3	368.3

C= Colegio de Postgraduados, U= Unidad de medida.

Una vez frío el sustrato, se inoculó con el trigo invadido de micelio de las cepas a estudiar (15% de “inóculo”). Los sustratos sembrados se incubaron en un cuarto a temperatura ambiente. Cuando el micelio del hongo invadió completamente los sustratos, las bolsas se trasladaron al módulo experimental para su fructificación en condiciones apropiadas de humedad (70-80%), temperatura (26-28 °C), luz diurna indirecta, y aeración (extracción de aire por 1 h, cada 8 h). Se realizaron de 5-6 réplicas experimentales por tratamiento estudiado.

El contenido de humedad se determinó pesando muestras de peso conocido secadas por 24 hr a 95 °C usando la siguiente fórmula:

$$CH = \left(\frac{PH - PS}{PH} \right) \times 100$$

Donde:

CH= Contenido de humedad (%).

PH= Peso húmedo de la muestra (g).

PS= Peso seco de la muestra (g).

8.5.3. Medición del pH en los sustratos

Para la determinación de pH de los sustratos, se utilizó un potenciómetro (Conductronic) antes calibrado con una solución reguladora de sulfato de pH 7 y en una solución reguladora de biftalato (J.T. Backer) a pH de 4. En la medición de pH en sustrato, se pesaron 20 g de sustrato en un vaso de precipitado de 250 ml (Kimax) y se agregaron 20 ml de agua destilada (HYCEL), se homogenizaron y se colocaron con un electrodo de dicho potenciómetro. De cada sustrato se tomaron 3 mediciones en distintas partes del sustrato estéril y no estéril.

8.5.4. Variables a estudiar

Invasión (%) de los hongos en las UP

El avance del crecimiento micelial en bolsas se realizó cada 8 días, tomando un 100% de crecimiento micelial cuando el micelio invadió completamente la unidad de producción. Las variables se evaluaron con metodologías ya establecidas (Tschierpe y Hartmann, 1977; Kurtzman y Zadrazil, 1982; Martínez-Carrera, 1989).

Eficiencia biológica

La producción de hongos comestibles se evaluó mediante la eficiencia biológica (EB), la cual se determinó por el método de Tschierpe y Hartman (1977), que consiste en dividir el peso húmedo de los cuerpos fructíferos entre peso seco del sustrato empleado y multiplicado por cien, por lo que la EB se expresó en porcentaje (%).

8.5.5. Calidad de los cuerpos fructíferos

La calidad de los cuerpos fructíferos se evaluó tomando en cuenta el peso de los cuerpos fructíferos. Se seleccionaron los cuerpos fructíferos más grandes de las replicas elegidas al azar, se tomó una muestra representativa de seis a siete cuerpos fructíferos de cada tratamiento, los cuales se pesaron en una balanza analítica (OHAUS, E. U. A.) para obtener el peso promedio. Además se tomaron las características como son el diámetro del píleo y estípite, largo de este último y pH de los hongos.

8.6. Manejo de datos y análisis estadístico

La captura y manejo de los datos se llevo a cabo con el programa Microsoft Excel 2006 (Microsoft, Co.). Los análisis de Varianza y comparación múltiples de medias de Duncan se llevaron a cabo con el programa SPSS (SPSS, versión 15.0).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Crecimiento micelial de las cepas en tres medios de cultivo

Se realizó la comparación de la cinética de crecimiento micelial de las cepas en medio de cultivo BFS (“All Bran”, sacarosa y agar bacteriológico) y EMA (Extracto de malta y agar) y en el caso de la cepas de *L. edodes*, se utilizó el medio de cultivo PDA (papa dextrosa y agar). La cinética de crecimiento micelial se observa en la **Figura 5**, donde existió un mayor crecimiento en las cepas de *P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. pulmonarius* (CP-50, CP-253 y CP-267), alcanzando un crecimiento de 48 mm en el sexto día. Las cepas con un crecimiento más lento fueron las cepas de *Pleurotus* spp. (CP-194) y *P. cystidiosus* (CP-18) en el medio de cultivo BFS a los 21 días sin completar la invasión del área de la caja Petri.

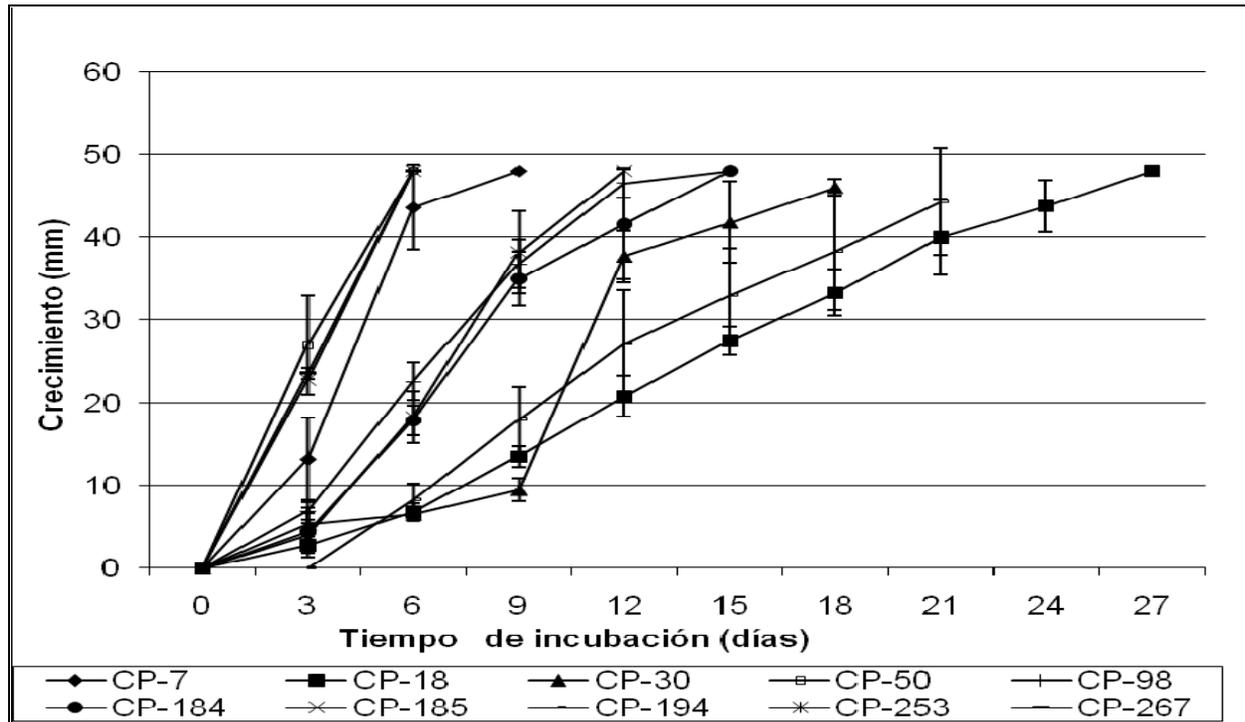


Figura 5. Cinética de crecimiento micelial en medio de cultivo BFS (All bran, agar bacteriológico y extracto de malta) con las cepas estudiadas.

En el medio de cultivo EMA las cepas crecieron lentas en comparación con el medio de cultivo BFS (**Figura 6**). Aunque el comportamiento de las cepas fue parecido con el medio de cultivo BFS, siendo las cepas con mayor crecimiento micelial las cepas de *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* (CP-50, CP-267) con 48 mm y *P. djamor* (CP-253) con 43 mm

en el sexto día. Las cepas con menor crecimiento, fueron las cepas de *P. cystidiosus* y *Pleurotus* spp. (CP-18 y CP-194).

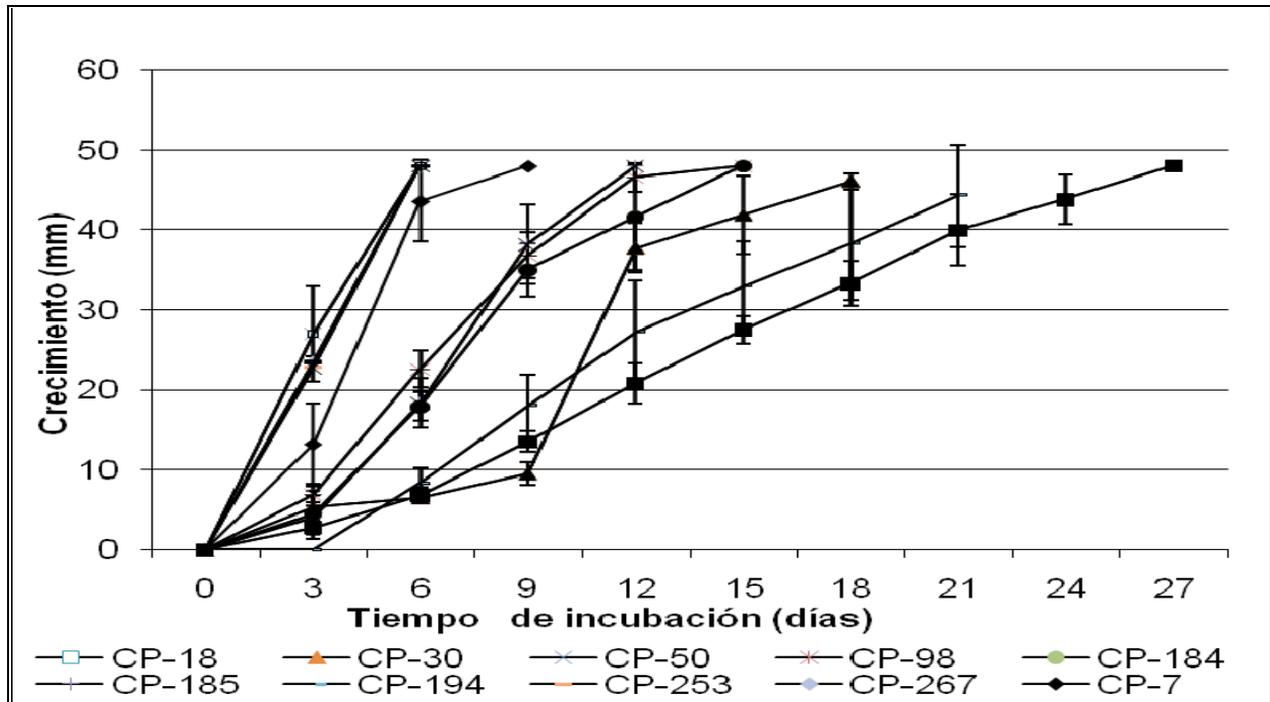


Figura 6. Cinética de crecimiento micelial en medio de cultivo extracto de malta y agar (EMA) con las diferentes cepas estudiadas.

9.1.1. Tasa de crecimiento micelial

Las cepas con mayor velocidad de crecimiento micelial (k_r) en medio de cultivo BFS fueron: *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* y *P. djamor* (CP-50, CP-267 y CP-253) con una k_r de 8.0 mm/d, seguida por la cepa de *L. edodes* (CP-7) con 5.8 mm/d. Estos resultados son mayores a los reportados por Zervakis y colaboradores (2001) con las cepas de *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* y *L. edodes* utilizando un medio suplementado con celulosa a 30° C, quienes obtuvieron la mayor k_r de 4.7 mm/d en *P. pulmonarius*. La cepa de *H. marmoreus* (CP-185) presentó una k_r de 4.3 mm/d. Las cepas más lentas fueron: *Pleurotus* spp. y *P. cystidiosus* (CP-194 y CP-18) con 2.3 y 1.9 mm/d (**Tabla 17**).

Tabla 17. Cinética (mm/d) y tasa de crecimiento micelial (k_r) de las cepas en medio de cultivo BFS (All Bran, agar bacteriológico y extracto de malta) con las cepas estudiadas.

Especie	Cepa	Tiempo (días)										k_r (mm/d)
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
<i>P. ostreatus</i>	CP-50	0	27.0	48.0								8.0
<i>P. pulmonarius</i>	CP-267	0	23.5	48.0								8.0
<i>P. djamor</i>	CP-253	0	22.8	48.0								8.0
<i>L. edodes</i>	CP-7	0	13.2	43.6	48.0							5.8
<i>H. marmoreus</i>	CP-185	0	4.0	18.3	38.2	48.0						4.3
<i>Pleurotus</i> sp.	CP-98	0	6.9	22.6	36.8	46.6	48.0					3.6
<i>H. tessulatus</i>	CP-184	0	4.4	17.9	35.0	41.6	48.0					3.5
<i>P. levis</i>	CP-30	0	5.3	16.5	29.5	37.7	41.8	46				2.8
<i>Pleurotus</i> spp.	CP-194	0	0	8.3	18.0	27.2	33.0	38.3	44.3			2.3
<i>P. cystidiosus</i>	CP-18	0	2.8	6.8	13.5	20.8	27.5	33.3	40.0	43.8	48	1.9

Las cepas con mayor tasa de crecimiento micelial (k_r) en medio de cultivo EMA fueron: *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* (CP-50 y CP-267) con una k_r de 8.0 mm/d, seguida por la cepa de *P. djamor* (CP-253) con 7.2 mm/d y la cepa de *L. edodes* (CP-7) con 4.4 mm/d en PDA, misma que es parecida a lo obtenido por Zervakis *et al.* (2001) utilizando el mismo medio con la cepas de *L. edodes*. Las cepas intermedias fueron: *H. marmoreus* (CP-185), *Pleurotus* sp. (CP-98) y *P. cystidiosus* (CP-18) con 3.4 y 1.8 mm/d. Las cepas más lentas fueron: *Pleurotus* spp., *H. tessulatus* y *P. levis* (CP-194, CP-184 y CP-30) con una tasa de crecimiento de 1.7 y 1.6 y 1.3 mm/d, respectivamente (**Tabla 18**).

Tabla 18. Cinética (mm/d) y tasa de crecimiento micelial (k_r) de las cepas en medio de cultivo EMA (extracto de malta agar).

Especies	Cepa	Tiempo (días)										k_r (mm/d)
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
<i>P. ostreatus</i>	CP-50	0	23.4	48.0								8.0
<i>P. pulmonarius</i>	CP-267	0	17.0	48.0								8.0
<i>P. djamor</i>	CP-253	0	10.5	43.2								7.2
<i>L. edodes</i>	CP-7 *	0	7.6	23.5	46.0	48.0						4.4
<i>H. marmoreus</i>	CP-185	0	3.2	10.8	23.4	40.5						3.4
<i>Pleurotus</i> sp.	CP-98	0	6.5	15.8	28.4	42.6	46.6					3.4
<i>P. cystidiosus</i>	CP-18	0	1.0	3.8	10.2	16.0	22.6	26.6	35.8	39.6	47	1.8
<i>Pleurotus</i> spp.	CP-194	0	0	5.6	10.0	16.0	21.0	26.6	35.4	38.5	42	1.7
<i>H. tessulatus</i>	CP-184	0	2.2	7.6	14.6	18.8	23	27.8	34.5	38	42	1.6
<i>P. levis</i>	CP-30	0	2.2	7.2	16.2	21.8	25.2	28.0	27.5	30.5	33	1.3

*= Cepa cultivada en medio de cultivo PDA

La tasa de crecimiento micelial de las cepas utilizadas en este trabajo, se evaluaron mediante un análisis de varianza entre dicho crecimiento y los diferentes medios utilizados, como se observa en la **Tabla 19**, donde existió diferencia estadística ($p \leq 0.05$) en las cepas y en los medios de cultivo, donde se obtuvo una P empírica de 0.0000 en los dos análisis, misma que es menor al valor esperado.

Tabla 19. Análisis de varianza del crecimiento micelial de las cepas utilizadas en este trabajo de investigación entre dos medios de cultivo.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Cepas	183.308	9	203.676	741.00	0.0000
Medios	472.906	1	472.906	172.05	0.0000
Residual	659.676	240	0.02748		
Total	195.171	250			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de 0.05 se observa que en la relación crecimiento micelial y los medios de cultivo se forman 7 grupos, por lo que dicho crecimiento es diferente estadísticamente. Donde las

mejores cepas fueron: las cepas de *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* (CP-50 de y CP-267, grupo a) con una media de 24.044 y 24.041 cm de crecimiento micelial al sexto día de medición, seguida por la cepa de *P. djamor* (CP-253, grupo b) alcanzando una media de 22.824 cm de crecimiento micelial. La cepa de *L. edodes* (CP-7), presentó una velocidad de 17.362 cm (grupo c), en el caso de la cepa de *Pleurotus* sp. (CP-98, grupo d) presentó una media de 0.9029 cm, la cepa de *H. tessulatus* (CP-185, grupo e) presentó una media de 0.7439 cm, las cepas de *H. marmoreus* (CP-184) y *P. levis* (CP-30) grupo f, presentaron una media de 0.6065 y 0,6038 respectivamente, las cepas *Pleurotus* spp. (CP-194) y *P. cystidiosus* (CP-18 grupo g) presentaron una media de 0.3388 y 0.2756 como se observa en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial de las cepas empleadas en el trabajo de investigación.

Cepas	Especie	Réplicas	Medias	Grupos
CP-50	<i>P. ostreatus</i>	31	24.044	a
CP-267	<i>P. pulmonarius</i>	33	24.041	a
CP-253	<i>P. djamor</i>	34	22.824	b
CP-7	<i>L. edodes</i>	22	17.362	c
CP-98	<i>Pleurotus</i> sp.	34	0.9029	d
CP-185	<i>H. tessulatus</i>	15	0.7439	e
CP-184	<i>H. marmoreus</i>	21	0.6065	f
CP-30	<i>P. levis</i>	20	0.6038	f
CP-194	<i>Pleurotus</i> spp.	20	0.3388	g
CP-18	<i>P. cystidiosus</i>	21	0.2756	g

También se realizó prueba de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de 0.05 entre los medios de cultivo, donde se observa que en la relación crecimiento micelial entre los medios de cultivo forman 2 grupos, por lo que dicho crecimiento es diferente estadísticamente, siendo, el mejor el BFS (grupo a) con una media de 15.349 cm en promedio de crecimiento micelial. El medio EMA, se obtuvo una media de 12.452 (grupo b) de crecimiento micelial como se observa en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Prueba de rangos múltiples de Duncan de los medios de cultivo empleados en el trabajo de investigación.

Medios	Réplicas	Medias	Grupos
BFS	126	15.349	a
EMA	125	12.452	b

9.1.2. Características morfológicas de las cepas cultivadas en medios de cultivo

En este trabajo, también se caracterizó la morfología de los crecimientos miceliales, describiendo la textura, densidad, micelio aéreo, color y tipo de hifas. En la textura se observó un micelio aterciopelado casi en la mayoría de las cepas crecidas en el medio de cultivo BFS y en el caso de la cepa de *Pleurotus* sp. (CP-98), se observó un micelio hialino en este mismo medio. Mientras que, en el medio EMA, se observó un micelio lanoso, algodónoso, aterciopelado y aterciopelado-lanoso. En la densidad del micelio, se pudo observar un micelio regular y escaso en su mayoría y pocas ocasiones abundante en el medio de cultivo BFS. En el medio de cultivo EMA, se encontró un micelio abundante en la mayoría y en pocas ocasiones un micelio escaso y regular. El micelio aéreo en el medio BFS, se encontró de manera regular, nulo y en pocas ocasiones abundante. En el medio de cultivo EMA se observó un micelio aéreo regular, escaso y nulo en la cepa de *Pleurotus* spp. (CP-194). El color del micelio en las cepas, varió de blanquecino a crema y hialino en la cepa de *Pleurotus* sp. (CP-98) en el medio de cultivo BFS. En cuanto al tipo y tamaño de hifas, en su mayoría midieron 4 μ de diámetro al igual que las fíbulas (**Tabla 22**). En la textura de las cepas fue diferente en los dos medios de cultivo probados pudiéndose atribuir al pH de los medios de cultivo, según lo reportado por Bonilla (2006), en este caso el medio BFS presentó un micelio con mayor desarrollo aunque con menor densidad y con poco micelio aéreo.

Tabla 22. Características miceliales de las cepas estudiadas en medios de cultivo a nivel de laboratorio.

Cepa	Medio de cultivo	Textura	Densidad	Micelio aéreo	Color	Ancho (μ)	
						Hifas	Fíbulas
CP-7	BFS	Aterciopelada-lanosa	Escaso	Escaso	Blanquecino	4	4
	EMA	Aterciopelado	Escaso	Escaso	Blanquecino	4	4
CP-18	BFS	Algodonosa	Abundante	Abundante	Blanquecino	4	4
	EMA	Algodonosa	Abundante	Abundante	Blanquecino	4	4
CP-30	BFS	Lanosa	Regular	Regular	Blanquecino	4	4
	EMA	Aterciopelada	Abundante	Escaso	Blanquecino-amarillento	4	4
CP-50	BFS	Aterciopelado	Abundante	Regular	Blanquecino	4	4
	EMA	Aterciopelado	Abundante	Regular	Blanquecino	4	4
CP-98	BFS	Hialina postrado	Escaso	Nulo	Hialino	4	No se encontraron
	EMA	Lanosa	Abundante	Regular	Crema	4	No se encontraron
CP-184	BFS	Aterciopelada	Regular	Regular	Blanquecino	4	4
	EMA	Lanosa	Abundante	Escaso	Blanquecino	4	4
CP-185	BFS	Aterciopelada-lanosa	Regular	Regular	Blanquecino	4	4
	EMA	Aterciopelada	Escaso	Escaso	Blanquecina	4	4
CP-194	BFS	Plumosa-postrado	Escaso	Nulo	Crema	2	4
	EMA	Aterciopelada	Abundante	Nulo	Blanquecino	4	4
CP-253	BFS	Aterciopelada-raicillas	Regular	Regular	Blanquecino	6	6
	EMA	Aterciopelada-lanosa	Abundante	Regular	Blanquecino	4	6
CP-267	BFS	Aterciopelada-lanosa	Regular	Escaso	Blanquecino	4	4
	EMA	Lanosa	Abundante	Abundante	Blanquecino-anaranjado	4	4

9.1.3 pH de los medios de cultivo

El pH en el medio de cultivo BFS, se observa en la **Tabla 23**. Este varió de 5.3 hasta 5.9 en las cepas del género *Pleurotus*. En la mayoría de las cepas de este género, se observó un pH constante, excepto en la cepa de *L. edodes* (CP-7), donde se observó una disminución de este parámetro (pH 5.6 a 3.8) [**Figura 7**].

Tabla 23. pH del medio de cultivo BFS (All Bran, agar bacteriológico y extracto de malta) con las diferentes cepas durante la cinética de crecimiento micelial.

Comportamiento	Especie	Tiempo (días)							
		0	3	6	9	12	15	18	21
Rápidas									
CP-7	<i>L. edodes</i>	5.6	5.0	4.3	4.7	3.8			
CP-30	<i>P. levis</i>	5.6	5.5	5.5	6.0	5.9	5.7	5.9	
CP-50	<i>P. ostreatus</i>	5.6	5.8	5.4					
CP-98	<i>Pleurotus sp.</i>	5.6	5.9	5.6	5.3	5.7	5.6		
CP-184	<i>H. tessulatus</i>	5.6	5.7	5.6	6.0	5.9	5.9		
CP-185	<i>H. marmoreus</i>	5.6	5.8	5.7	6.0	6.0			
CP-253	<i>P. djamor</i>	5.6	5.5	5.4					
CP-267	<i>P. pulmonarius</i>	5.6	5.7	5.3					
Lentas									
CP-18	<i>P. cystidiosus</i>	5.6	6.3		6.3		5.8	5.8	
CP-194	<i>Pleurotus spp.</i>	5.6	5.5	6.0			5.8		5.8

En la **Figura 7** se puede observar de manera grafica la variación del pH en la cepa CP-7 de *L. edodes* por lo que se puede deber a los metabolitos secundarios generados por el metabolismo de dicha cepa. En el caso del resto de las cepas no se presenta una gran variación de este parámetro.

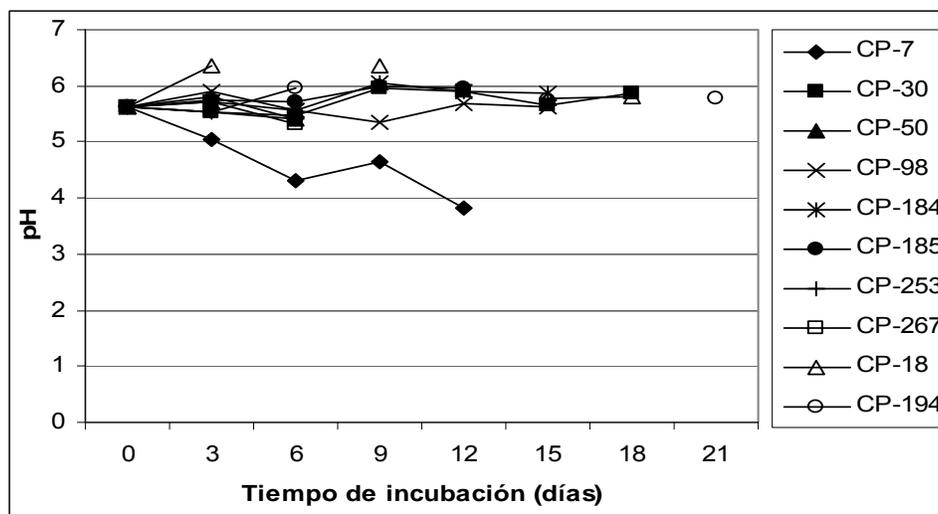


Figura 7. Variación del pH en el medio de cultivo durante el crecimiento de las cepas estudiadas en medio BFS (All Bran, agar bacteriológico y extracto de malta).

El pH en el medio de cultivo EMA se observa en la **Tabla 24**, en donde observó una variación de 4.0 a 5.7 en promedio con todas las cepas y se mantuvo constante en la mayoría de las cepas, excepto en la cepa de *L. edodes* (CP-7), en la que se observa una disminución en este (5.2 a 4.0). En el caso de la cepa de *H. marmoreus* (CP-185), se observa un aumento en el pH (pH 5.0 a 6.2) [Figura 8].

Tabla 24. Medición del pH del medio de cultivo EMA (extracto de malta agar) con las cepas estudiadas a diferentes días de incubación.

Comportamiento	Especie	Tiempo (días)							
		0	3	6	9	12	15	18	21
Rápidas									
CP-7*	<i>L. edodes</i>	5.2	4.8	4.6	4.0	4.0			
CP-30	<i>P. levis</i>	5.0	5.0	4.9	5.0	5.1	5.5	5.7	
CP-50	<i>P. ostreatus</i>	5.0	5.0	5.1					
CP-98	<i>Pleurotus</i> sp.	5.0	5.0	4.8	4.8	4.9	4.6		
CP-184	<i>H. tessulatus</i>	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	5.1	5.4	
CP-185	<i>H. marmoreus</i>	5.0	5.0	5.1	5.7	6.2			
CP-253	<i>P. djamor</i>	5.0	5.0	5.0					
CP-267	<i>P. pulmonarius</i>	5.0	5.1	5.4					
Lentas									
CP-18	<i>P. cystidiosus</i>	5.0	5.1		5.2		5.1	5.2	
CP-194	<i>Pleurotus</i> spp.	5.0	5.0	5.1			5.1		5.2

* PDA (Medio de cultivo papa dextrosa y agar).

En la cepa de *P. djamor* no existió variación del pH en el medio de cultivo EMA (pH 5.0) a los 6 días. Esto difiere con lo obtenido con Manzano *et al.*, (2004), quienes obtuvieron un aumento del pH a 8.1 en el medio de cultivo caldo extracto de malta y con una cepa de *P. djamor* (Tabla 24).

En el medio de cultivo EMA (Extracto de malta agar) la cepa CP-7 de *L. edodes* se observa una ligera disminución en el pH y en la cepa CP-185 de *H. tessulatus* presentó un ligero aumento en este parámetro, mientras que el resto de las cepas, se mantuvieron constantes **Figura 8**.

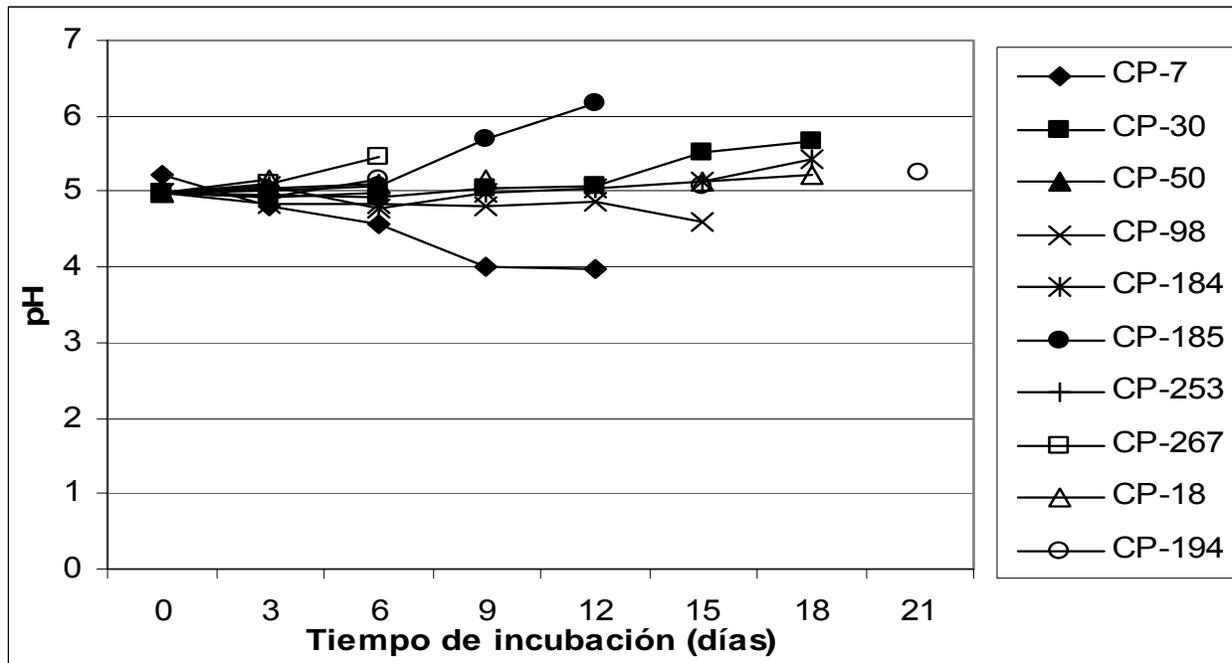


Figura 8. pH del medio de cultivo EMA (extracto de malta agar) con las cepas estudiadas y a diferentes días.

Las cepas con menor tasa de crecimiento micelial (k_r) fueron la CP-18 de *P. cystidiosus* y la CP-194 de *Pleurotus* spp. A pesar de presentar un crecimiento lento en el medio de cultivo EMA, se observó un micelio abundante y mejores características en todas las cepas seleccionadas que al ser cultivadas en el medio de cultivo BFS, en donde presentaron un micelio escaso.

De los tres medios de cultivo utilizados para medir el crecimiento micelial, la mayor tasa de crecimiento micelial (k_r) fue en el medio de cultivo BFS (All bran, agar bacteriológico y extracto de malta), por lo que se eligió para la conservación de las cepas seleccionadas en este trabajo de investigación y como parte del paquete tecnológico propuesto.

9.2. Tasa de crecimiento micelial en sustrato sólido

La colonización micelial en caja Petri con las 5 diferentes formulaciones, se presentó a los 9 y 12 días en la formulación COLPOS-17 y con las cepas de *Pleurotus djamor* y *P. pulmonarius* (CP-253 y CP-267). Resultados parecidos a los obtenidos por Grodzinskaya *et al.* (2002), donde la colonización se presentó a los 14 días en el sustrato caña de azúcar y tusa de maíz, aserrín y caña de azúcar con cepas de *P. ostreatus*, aunque no presentan tasa de crecimiento micelial. Este crecimiento rápido, puede deberse al material lignocelulosico presente en estos sustratos y a la actividad del paquete enzimático presente en estas cepas. Los resultados de la tasa de crecimiento micelial en las diferentes fórmulas se presentan en la **Tabla 25**. La mayor k_r se alcanzó en la cepa de *P. djamor* y *P. pulmonarius* (CP-253 y CP-267), con 19.9 y 12.92 mm/día de crecimiento micelial en las fórmulas COLPOS-18 y COLPOS-17. En la cepa CP-30 se presentó una tasa de crecimiento de 5.23 a 3.78 mm/d en las formulaciones COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-19 y COLPOS-20 y siendo diferente en la fórmula COLPOS 22 con una k_r de 1.36 mm/d del. En las cepas CP-50 y 185 de *P. ostreatus* y *H. marmoreus*, las fórmulas fueron estadísticamente iguales en las 5 formulaciones estudiadas. En la COLPOS 19, las cepas de *L. edodes*, *P. cystidiosus*, *H. tessulatus* y *H. marmoreus* no presentaron crecimiento micelial, atribuido por el pH presente en ésta formulación.

Tabla 25. Tasa de crecimiento micelial de las cepas estudiadas del género *Pleurotus*, *Hypsizyugus* y *Lentinula* en 5 diferentes formulaciones.

Especie	Cepa	Tasa de crecimiento micelial k_r (mm/d)				
		COLPOS-17	COLPOS-18	COLPOS-19	COLPOS-20	COLPOS-22
<i>L. edodes</i>	CP-7	4.17±0.33 b	1.47±0.8 c	0 d	6.63±0.07 a*	1.22±1.46 c*
<i>P. cystidiosus</i>	CP-18	1.2±0.26 a	0.21±0.35 b	0 b	0.15±0.1 b	0.04±0.06 b
<i>P. levis</i>	CP-30	4.09±0.9 a	5.23±3.02 a	3.78±1.5 a	4.4±0.4 a	1.36±0.67 b *
<i>P. ostreatus</i>	CP-50	9.93±0.08 a	7.05±0.97 a	7.62±2.64 a	8.07±0.16 a	7.8±0.81 a
<i>Pleurotus. sp.</i>	CP-98	3.08±1.13 a	2.08±0.8 ab	2.36±1.64 ab	1.09±0.05 b	1.34±0.87 ab
<i>H. tessulatus</i>	CP-184	4.73±0.41 ab	3.98±1.42ab	0 c	5.16±0.43 a	3.85±0.66 b
<i>H. marmoreus</i>	CP-185	3.08±1.83 a	3.684±0.42 a	0 b	4.18±0.67 a	3.55±0.54 a
<i>Pleurotus. spp.</i>	CP-194	0.46±0.26 b	0.31±0.12 b	0.46±0.28 b	1.62±0.27 a	0.3±0.17 b
<i>P. djamor</i>	CP-253	7.6±2.63 b	19.9±0.26 a	9.27±1.5 b	8.89±0.15 b	8.72±0.11 b
<i>P. pulmonarius</i>	CP-267	12.92±1.05 a	5.31±3.71 c	9.6±1.1 b	8.2±0.06 b	8.03±5.34 b

9.2.1. pH de las formulaciones después de evaluar la tasa de crecimiento

Los pH finales de los sustratos utilizados en esta investigación y las diferentes cepas se muestran en la **Tabla 26**. En la cepa CP-7 de *L. edodes* el pH menor, se presentó en la COLPOS-17 con un pH de 3.66 y el mayor se presentó en la fórmula COLPOS-19 con 8.19. En el resto de las formulaciones, se presentó un pH de 4.04 a 4.10. En la cepa CP-18 de *P. cystidiosus*, el pH más bajo encontrado fue en la COLPOS 20 con un pH de 5.6 y el pH mas alto se encontró en la fórmula COLPOS-19 con un pH de 8.31, en el resto de las fórmulas presentaron un pH entre 7 y 8. En la cepa de *P. levis* (CP-30), se encontraron varios tratamientos con un pH bajo. Las formulaciones donde se encontraron pH bajos fueron la COLPOS-22, COLPOS-18 y COLPOS-20, presentando pH de 5, 5.9 y 5.50, respectivamente. Mientras que el pH más alto se encontró en la COLPOS-19 con 8.33. La cepa CP-50 de *P. ostreatus*, sus pH se presentaron entre 4.47 y 8.05, siendo los pH mas bajos en la COLPOS-17, COLPOS-18 y COLPOS-22, con pHs de 4.47, 4.49 y 4.56 respectivamente y el más alto en la fórmula COLPOS-19 con 8.05. La cepa CP-98 de *Pleurotus sp.*, se presentaron pH 5.71 a 8.82 en las diferentes fórmulas utilizadas en este trabajo de investigación, siendo el pH más bajo en la COLPOS-20 y COLPOS-22 con un pH de 5.71 y 5.9 y los pH más altos se presentaron en la COLPOS-17 y COLPOS-19, con pH de 8.82 y 7.99 respectivamente.

En la cepa de *Hypsizygus tessulatus* CP-184, los pH presentes fueron de 5.65 a 8.37, el menor en la COLPOS-20 y el más alto en la COLPOS-19 (8.37). En la fórmula COLPOS-17 el pH fue de 5.94 mismo que fue cercano al de la COLPOS-20. En la cepa de *H. marmoreus*, los pH más bajos se presentaron en la COLPOS-18, COLPOS-20 y COLPOS-17, con pH de 5.40, 5.88 y 5.97, mientras que el pH más alto se presentó en la COLPOS-19 con 8.65. En la cepa de *Pleurotus* spp. (CP-194), los pH presentes en las diferentes formulaciones fueron de 5.67 a 8.16 en las formulaciones COLPOS-20 y en la COLPOS-19, respectivamente. El resto de las formulaciones presentaron pH entre 7 y 7.6 (COLPOS-22, COLPOS-18 y COLPOS-17). Los pH presentes en la cepa CP-253 de *P. djamor* fueron de 4.95 a 8.27 en las formulaciones COLPOS-17 y COLPOS-19, tendiendo a pH menores de 6.96. En la cepa CP-267 de *P. pulmonarius* los pH se presentaron de 4.71 a 8.34 en la COLPOS-20 y COLPOS-19, el resto de las formulaciones los pH se presentaron de 5.35 a 5.51 en las formulaciones COLPOS-18, COLPOS-17 y COLPOS-20.

Tabla 26. Medición del pH y temperaturas en el crecimiento micelial de las cepas cultivadas en las cinco diferentes formulaciones.

Especie	Cepa	COLPOS-17		COLPOS-18		COLPOS-19		COLPOS-20		COLPOS-22	
		pH	T °C	pH	T °C	pH	T °C	pH	T °C	pH	T °C
<i>L. edodes</i>	CP-7	3.66	21.7	4.10	21.4	8.19	22.42	4.05	20.6	4.04	19.7
<i>P. cystidiosus</i>	CP-18	7.8	19.7	7.2	21.6	8.31	22.48	5.6	20.8	7.8	20.7
<i>P. levis</i>	CP-30	6.09	21.5	5.09	21.7	8.33	22.3	5.50	21.7	5	21.6
<i>P. ostreatus</i>	CP-50	4.47	21.4	4.49	20.7	8.05	23.3	5.11	20.6	4.56	20.6
<i>Pleurotus</i> sp.	CP-98	8.82	20.9	6.38	21.3	7.99	22.1	5.71	20.8	5.9	20.8
<i>H. tessulatus</i>	CP-184	5.94	20.6	7.88	20.3	8.37	21.9	5.65	21.4	6.30	22
<i>H. marmoreus</i>	CP-185	5.97	22.2	5.40	21.6	8.65	22.06	5.88	21.6	6.50	21.8
<i>Pleurotus</i> spp.	CP-194	7.6	22	7.46	22.6	8.16	22.08	5.67	19.7	7.23	21.7
<i>P. djamor</i>	CP-253	4.95	21.4	6.96	22.0	8.27	21.32	5.96	21.9	4.99	20.8
<i>P. pulmonarius</i>	CP-267	5.47	20.3	5.35	20.3	8.34	21.72	5.51	21	4.71	20.6

pH= Potencial de hidrógeno, T= Temperatura.

9.2.2. Características morfológicas de las cepas estudiadas en las formulaciones

Las características miceliales de las diferentes cepas crecidas en las cinco formulaciones se presentan en la **Tabla 27**. En la cepa CP-7 de *L. edodes*, se pudo observar una densidad micelial de forma regular y micelio de color blanco, no presentó aglomeraciones de este y no se observaron primordios a los 14 días de invasión. El sustrato sin invasión micelial fue de color café oscuro y, el sustrato con micelio se observó de color café claro. En la cepa CP-18 de *P. cystidiosus* se puede observar una densidad micelial de forma escasa en las diferentes fórmulas y micelio de color blanco. El sustrato sin invasión micelial fue de color café oscuro, café y café claro en la COLPOS-19 y, el sustrato con micelio se observó de un color café, café oscuro en la COLPOS-18 y en los demás casos presentó una coloración café. En la formulación COLPOS-19 no existió crecimiento micelio.

En la cepa CP-30 de *P. levis* se pudo observar una densidad micelial de forma abundante (COLPOS-20), regular, escaso (COLPOS-18 y COLPOS-22) y micelio de color blanco en todas la formulaciones. El sustrato sin invasión micelial fue de color café oscuro y, el sustrato con micelio se observo de color café claro en todas las formulaciones utilizadas.

La densidad en la cepa CP-50 de *P. ostreatus*, fue de forma abundante (COLPOS-20), regular (COLPOS-18 y COLPOS-22), escaso (COLPOS- 19) y micelio de color blanco en todas la formulaciones. El color del sustrato sin invasión micelial fue de color café oscuro y, el sustrato con micelio se observó de color café claro en todas las formulaciones utilizadas. Se pudo observar en la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp. una densidad micelial de forma regular en las diferentes formulaciones (COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-20 y COLPOS-22), escaso en la COLPOS-19 y micelio de color blanco en todas la formulaciones. El sustrato sin invasión micelial fue de color café oscuro y, el sustrato con micelio se observo de un color café oscuro (COLPOS-17), café claro (COLPOS-19 y 20) y café (COLPOS-18).

La densidad micelial característica de la cepa CP-184 de *H. marmoreus* fue de forma abundante (COLPOS-18 y COLPOS-20), regular (COLPOS-17), escaso en la COLPOS-22 y de color blanco en todas las formulaciones. En la COLPOS-19 no existió crecimiento micelial y fue de color café oscuro y el sustrato con micelio se observó de color café en todas las formulaciones. La densidad micelial en la cepa CP-185 de *H. tessulatus*, se pudo observar de forma abundante (COLPOS-18 y COLPOS-20), regular (COLPOS-17 y COLPOS-22), en la COLPOS-19 no hubo crecimiento micelial y el color del micelio fue blanco en todas las formulaciones. El sustrato fue de color café oscuro antes de la invasión micelial y con micelio se observó de un color café en su totalidad de las formulaciones.

Las características miceliales como la densidad en la cepa CP-194 de *Pleurotus* spp. fue de forma escasa en 4 de las formulaciones (COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-19 y COLPOS-20), regular en 1 de estas (COLPOS-22) y un micelio de color blanco en todas las formulaciones donde se desarrolló el micelio. El sustrato sin invasión micelial fue de color café oscuro y oscuro, el sustrato con micelio se observó de color café y café claro en todas las formulaciones. La densidad en la mayoría de las formulaciones y con la cepa CP-253 de *Pleurotus* spp. fue de forma regular (COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-20 y COLPOS-22) y un micelio de color blanco en dichas formulaciones, en la COLPOS-19 no hubo crecimiento micelial. El color micelial fue café oscuro, el sustrato con micelio se observó de color café claro en todas las formulaciones.

En la cepa de *Pleurotus pulmonarius* (CP-267) la densidad micelial se pudo observar de forma abundante en la formulación COLPOS-20, regular en la COLPOS-17, COLPOS-18 y COLPOS-22 y micelio de color blanco en formulaciones donde se observó crecimiento, en la COLPOS-19 no existió crecimiento micelial. El sustrato sin invasión micelial fue de color café oscuro, el sustrato con micelio se observó de un color café claro en todas las formulaciones.

Tabla 27. Características morfológicas de las cepas estudiadas en 5 diferentes formulaciones a los 14 días de incubación.

Cepa	Especie	Formulación	Micelio	Sustrato	
			Densidad	Sin micelio	Con micelio
CP-7	<i>L. edodes</i>	COLPOS-17	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-18	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-19	No creció	Café claro	No creció
		COLPOS-20	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-22	Regular	Café oscuro	Café claro
CP-18	<i>P. cystidiosus</i>	COLPOS-17	Regular	Café oscuro	Café
		COLPOS-18	Escaso	Café oscuro	Café oscuro
		COLPOS-19	No creció	Café claro	No creció
		COLPOS-20	Escaso	Café	Café
		COLPOS-22	Escaso	Café	Café
CP-30	<i>P. levis</i>	COLPOS-17	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-18	Escaso	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-19	Regular	Café claro	Café claro
		COLPOS-20	Abundante	Café	Café claro
		COLPOS-22	Escaso	Café oscuro	Café claro
CP-50	<i>P. ostreatus</i>	COLPOS-17	Escaso	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-18	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-19	Escaso	Café claro	Café claro
		COLPOS-20	Abundante	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-22	Regular	Café oscuro	Café claro
CP-98	<i>Pleurotus sp.</i>	COLPOS-17	Regular	Café oscuro	Café oscuro
		COLPOS-18	Regular	Café oscuro	Café
		COLPOS-19	Escaso	Café claro	Café claro
		COLPOS-20	Regular	Café	Café claro
		COLPOS-22	Regular	Café oscuro	Café
CP-184	<i>H. marmoreus</i>	COLPOS-17	Regular	Café oscuro	Café
		COLPOS-18	Abundante	Café oscuro	Café
		COLPOS-19	No creció	Café claro	No creció
		COLPOS-20	Abundante	Café oscuro	Café
		COLPOS-22	Escaso	Café oscuro	Café
CP-185	<i>H. tessulatus</i>	COLPOS-17	Regular	Café oscuro	Café
		COLPOS-18	Abundante	Café oscuro	Café

		COLPOS-19	No creció	Café claro	No creció
		COLPOS-20	Abundante	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-22	Regular	Café oscuro	Café
		COLPOS-17	Escaso	Café oscuro	Café
		COLPOS-18	Escaso	Café oscuro	Café
CP-194	<i>Pleurotus</i> spp.	COLPOS-19	Escaso	Café claro	Café claro
		COLPOS-20	Escaso	Café	Café
		COLPOS-22	Regular	Café oscuro	Café
		COLPOS-17	Escaso	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-18	Regular	Café oscuro	Café claro
CP-253	<i>P. djamor</i>	COLPOS-19	No creció	Café claro	No creció
		COLPOS-20	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-22	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-17	Regular	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-18	Regular	Café oscuro	Café claro
CP-267	<i>P. pulmonarius</i>	COLPOS-19	No creció	Café claro	No creció
		COLPOS-20	Abundante	Café oscuro	Café claro
		COLPOS-22	Regular	Café oscuro	Café claro

La mayor tasa de crecimiento (k_r) se presentó en la COLPOS-18 con la cepa CP-253 de *P. djamor*, aunque con un micelio regular y no existió desarrollo en la formulación COLPOS-19. La cepa con mayor adaptación al bagazo de caña de azúcar, fue la cepa CP-267 de *P. pulmonarius* ya que su mayor k_r se presentó en la formulación COLPOS-17. La COLPOS-19 no presentó buenos resultados debido al pH afectando a las cepas CP-7, CP-18, CP-184, CP-185 y CP-194 en el crecimiento micelial. Las cepas con menor (k_r) en todas las formulaciones fueron las cepas CP-18 de *P. cystidiosus*, CP-194 (*Pleurotus* spp.) seguidas por las cepas del género *Hypsizygus* CP-184 de *H. tessulatus* y 185 de *H. marmoreus*. Las cepas CP-30 de *P. levis* y CP-253 de *P. djamor* mostraron buena adaptación a la formulación COLPOS-19 y presentaron un micelio de regular a abundante. Las cepas con mayor k_r y seleccionadas para evaluar la producción de cuerpos fructíferos son: CP-7, CP-30, CP-50, CP-98, CP-253 y CP-267.

9.3. Evaluación de la producción de las cepas cultivadas

Se inocularon todas las cepas en las formulaciones a excepción de la cepa CP-7 de *L. edodes*, que no se inoculó en la formulación COLPOS-19, debido a que en los análisis previos realizados en caja Petri, no se observó crecimiento.

9.3.1 Características de los ingredientes usados en las formulaciones

Los resultados obtenidos en la caracterización de los ingredientes utilizados en las formulaciones son los siguientes: el aserrín de encino, presentó un pH promedio de 5.16 y una humedad de 69.27 % en sustrato no estéril y un pH de 4.92 y una humedad de 69.04 % en aserrín estéril. En el caso del aserrín de *Bursera*, presentó un pH de 5.15 y una humedad de 68.50 % en sustrato no estéril y un pH de 4.78 y una humedad de 67.91 % en aserrín de *Bursera* estéril. Los datos presentes en pH de olote de maíz no estéril fueron de 7.08 y una humedad de 60.09 %, en este mismo sustrato pero estéril se presentó un pH de 7.08 y una humedad de 59.05 %. Por último el pH presente en el bagazo de caña de azúcar sin esterilizar fue, de 3.46 y una humedad de 57.64 %, en el caso del mismo sustrato pero estéril presentó un pH de 3.23 y una humedad de 58 % (**Tabla 28**). En dicha tabla se observa que el pH más alto fue en el olote de maíz (Estéril y no estéril) y el más ácido en el bagazo de caña de azúcar (estéril, pH 3.23).

Tabla 28. Valor de pH y contenido de humedad de los principales ingredientes que se usaron para elaborar las formulaciones en este trabajo de investigación.

Sustratos	pH	pH	Humedad (%)	Humedad (%)
	NE	E	NE	E
Aserrín de <i>Bursera</i>	5.15±0.05	4.78±0.04	68.50±0.35	67.91±0.24
Aserrín de encino	5.16±0.01	4.92±0.04	69.27±0.14	69.04±0.07
Olote maíz	7.08±0.04	5.59±0.21	60.09±0.74	59.05±0.81
Bagazo de caña	3.46±0.15	3.23±0.8	57.64±2.04	58.00±0.59

NE= No estéril, E= Estéril.

9.3.2. Características de las formulaciones

La formulación COLPOS-17 presentó un pH de 6.34, la COLPOS-18 un pH de 8.66, la COLPOS-19 un pH de 11.97, la COLPOS-20 un pH de 5.82 y la COLPOS-22 de 6.34 en condición no estéril. En condición estéril los pH fueron de 6.39 en la COLPOS-17, la

COLPOS-18 de 6.55, en la COLPOS-19 pH de 10.9, la COLPOS-20 pH de 5.47 y por último en la COLPOS-22 el pH fue de 6.39, como se muestra en la **Tabla 29**. Además, se obtuvo una humedad de 53.6 % como mínimo y 66.67 % como máximo en condición no estéril y en condición estéril de 54.67 % como mínimo y 65.49 % en el máximo.

Tabla 29. Medición del pH y porcentaje de humedad en las diferentes formulaciones.

Formulaciones	pH		Humedad (%)	
	NE	E	NE	E
COLPOS-17	6.34	6.39	62.76	64.48
COLPOS-18	8.66	6.55	66.67	65.49
COLPOS-19	11.97	10.9	53.6	55.84
COLPOS-20	5.82	5.47	66.66	54.67
COLPOS-22	6.34	6.39	62.76	63.17

E= Estéril, NE= No estéril.

9.3.3. Evaluación y características de la producción de las cepas estudiadas

9.3.3.1. Cepa CP-7 de *Lentinula edodes*

La evaluación del crecimiento micelial de las unidades de producción se llevo a cabo hasta que se tuvo un 100% de la colonización del sustrato. Como se puede observar en la **Tabla 30**, se obtuvo una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) y una P-empírica de 0,025, misma que es menor al valor esperado.

Tabla 30. Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-7 de *L. edodes* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	649.41	3	216.47	4.12	0.025
Réplicas	448.42	9	49.824	0.95	0.5139
Residual	787.17	15	524.782		
Total	1708.71	27			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de 0,05, se observó que la relación crecimiento micelial entre los tratamientos forma 2 grupos (a y b). En base a estos resultados el mejor tratamiento, es la formulación COLPOS-20 con una media de 15 días de invasión micelial, seguida por la COLPOS-18 que alcanzó el 100% de invasión a los 17 días en promedio. Los tratamientos COLPOS-17 y COLPOS-22 presentaron una invasión de 24 y 29 días, mismos que estadísticamente son parecidas, tal como se observa en la **Tabla 31**.

Tabla 31. Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en los tratamientos empleados en la producción de la cepa CP-7 de *Lentinula edodes*.

Tratamientos	Réplicas	Medias (días)	Grupos
COLPOS-20	8	15	a
COLPOS-18	5	17	a b
COLPOS-17	9	24	b
COLPOS-22	6	29	b

Por otro lado, también se evaluó el tiempo de la aparición de la costra café en los diferentes tratamientos, este análisis también se realizó mediante un análisis de varianza en las unidades de producción (UP) de los diferentes tratamientos. Los resultados presentaron diferencia significativa ($p \leq 0,05$), ya que se obtuvo una P-empírica de 0.0019 que es menor al valor esperado (**Tabla 32**).

Tabla 32. Aparición de costra café de las unidades de producción de la cepa CP-7 de *L. edodes* en diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	584.938	3	194.979	7.68	0.0019
Réplicas	334.085	9	371.205	1.46	0.2392
Residual	431.812	17	254.007		
Total	1234.8	29			

GL= Grados de libertad.

Al tiempo que tardo en aparecer la costra café en los diferentes tratamientos se le realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de 0.05. Como resultado de este análisis se formaron 2 grupos (a y b). Dentro del grupo a están las formulas COLPOS-20, COLPOS 17, Y COLPOS 18, las cuales son estadísticamente iguales, donde sus medias van de 33 a 36. Mientras que en el grupo b esta la formulación COLPOS-22 (**Tabla 33**), con una media de 45 días.

Tabla 33. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de la costra café en los diferentes tratamientos empleados en la producción de la cepa de *Lentinula edodes* (CP-7).

Tratamientos	Réplicas	Medias (días)	Grupos
COLPOS-20	8	33	a
COLPOS-17	9	34	a
COLPOS-18	5	36	a
COLPOS-22	8	45	b

Dentro de los parámetros evaluados en este trabajo están los días que tardo la aparición de primordios en los diferentes tratamientos (**Tabla 34**), presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con una P-empírica de 0.0171 que es menor al valor esperado.

Tabla 34. Análisis de varianza de la aparición de primordios en días, de las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-7 de *Lentinula edodes*.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	144.889	3	482.963	9.37	0.0171
Réplicas	139.939	9	155.485	3.02	0.1184
Residual	257.778	5	515.556		
Total	273.778	17			

GL= Grados de libertad.

En este parámetro también se realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 35**), donde se observa que los tratamientos

forman 2 grupos diferentes estadísticamente. En el primer grupo se encuentran los tratamientos COLPOS-18 y COLPOS-20 con medias que van de 62 y 63 días, mientras que el segundo grupo esta conformado por los tratamientos COLPOS-22 y COLPOS-17 donde las medias son de 70 días.

Tabla 35. Prueba de rangos múltiples de Duncan del tiempo de aparición de primordios en días de las diferentes formulaciones empleadas en la cepa CP-7 de *Lentinula edodes*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-18	2	62	a
COLPOS-20	7	63	a
COLPOS-22	1	70	b
COLPOS-17	8	70	b

9.3.3.1.1. Evaluación de la producción

La fructificación de las unidades de producción de la cepa CP-7 se llevo a cabo en el módulo experimental del Colegio de Postgraduados, *Campus Puebla*, donde se tuvo a una temperatura mínima promedio de 14.68 y una temperatura máxima promedio de 23.1, como se observa en la **Figura 9**.

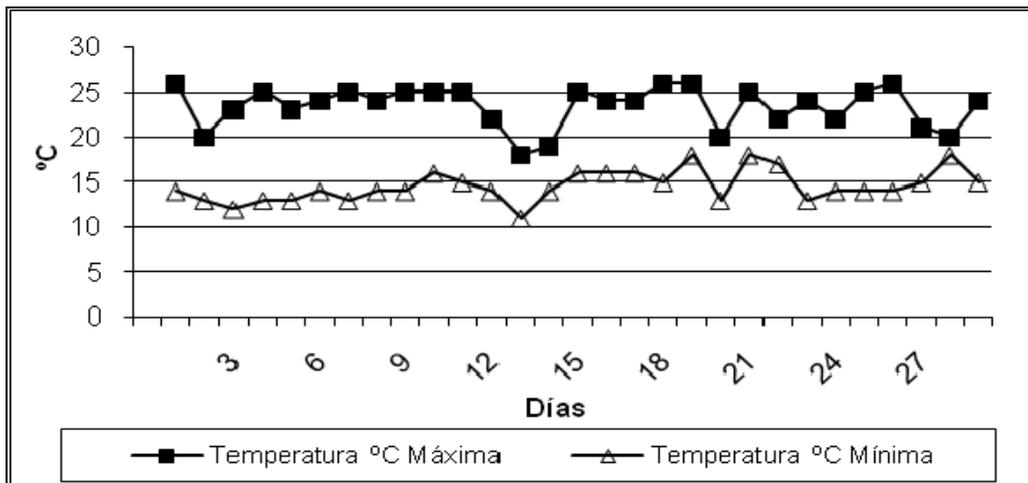


Figura 9. Temperaturas máximas y mínimas en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-7 de *L. edodes*.

Los hongos requieren de una humedad relativa para el desarrollo de cuerpos fructíferos y evitar de esta manera la deshidratación de éstos, por lo que se mantuvo a una

humedad de 68.5 %, para la fructificación de *shiitake*, como se puede observar en la **Figura 10**.

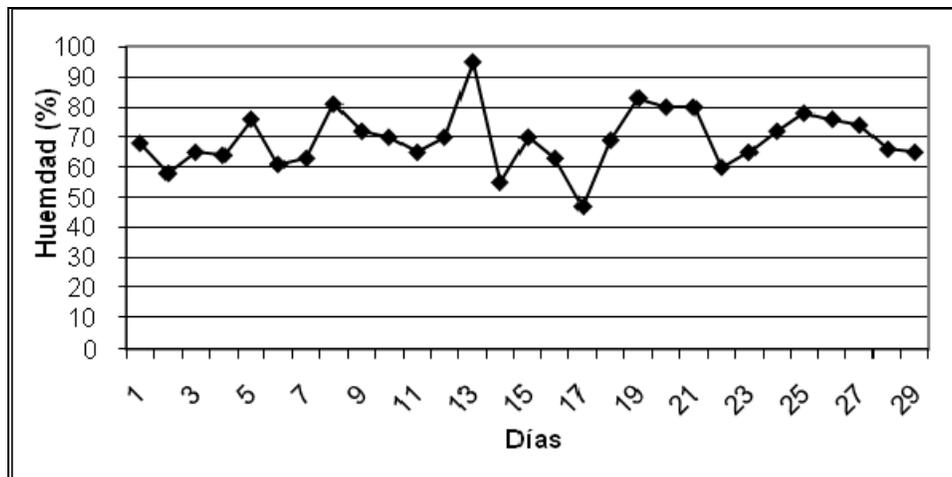


Figura 10. Humedad relativa en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-7 de *L. edodes*.

Uno de los primeros parámetros que se evaluó a nivel módulo experimental, fue el número de primordios presentes en las UP en los diferentes tratamientos (**Tabla 36**), de los cuales se generaron hongos maduros (**Figura 11**). Los resultados del análisis de varianza muestran diferencia significativa ($p \leq 0.05$), ya que se obtuvo una P-empírica de 0.000 que es menor al valor esperado.

Tabla 36. Análisis de varianza del número de primordios de la cepa CP-7 de *L. edodes* por unidades de producción en los diferentes tratamientos.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	31493.2	3	10497.7	38.49	0.000
Réplicas	2614.11	9	290.457	1.06	0.4317
Residual	4909.34	18	272.741		
Total	45677.4	30			

GL= Grados de libertad.



Figura 11. Cuerpos fructíferos de *L. edodes* en las UP cultivadas en la formulación COLPOS-17.

Al número de primordios producidos por la cepa CP-7 se le realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 37**). Como resultado de este análisis se formaron 2 grupos, el grupo a donde están incluidos los tratamientos de la COLPOS-17 y COLPOS-18 y el grupo b donde están los tratamientos de la COLPOS-20 y COLPOS-22. En el grupo a, el promedio de número de primordios va de 80 a 88 y el grupo b de 12 a 26 por cada UP.

Tabla 37. Prueba de rangos múltiples de Duncan del número de primordios de las diferentes formulaciones en la cepa CP-7 de *Lentinula edodes*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-17	10	88	a
COLPOS-18	5	80	a
COLPOS-22	8	26	b
COLPOS-20	8	12	b

La eficiencia biológica (EB) se evaluó mediante un análisis de varianza en los diferentes tratamientos (**Tabla 38**). El análisis presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) ya que se obtuvo una P-empírica de 0.000 que es menor al valor esperado.

Tabla 38. Análisis de varianza de la eficiencia biológica de la cepa CP-7 de *Lentinula edodes* por unidades de producción de las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	5921.74	3	1973.91	57.77	0.000
Réplicas	115.761	9	128.624	0.38	0.9316
Residual	615.074	18	341.708		
Total	7312.92	30			

GL= Grados de libertad.

La EB obtenida por la cepa CP-7 se le realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 39**). Este análisis arrojó como resultado la formación de 3 grupos, el grupo a donde están incluidos los tratamientos de la COLPOS-17 y COLPOS-18, el grupo b donde esta el tratamiento COLPOS-22 y el grupo c con el tratamiento COLPOS-20. En el grupo a el promedio de la EB va de 39 a 41 donde el mejor promedio se obtuvo en la COLPOS-17, el grupo b el promedio fue de 17.1 y el grupo c de 6.7.

Tabla 39. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de la cepa de *Lentinula edodes* (CP-7) por unidades de producción en las diferentes formulaciones.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-17	10	41	a
COLPOS-18	5	39.0	a
COLPOS-22	8	17.13	b
COLPOS-20	8	6.7	c

9.3.3.1.2. Calidad de los cuerpos fructíferos

El 100% de los cuerpos fructíferos, se clasificó en el grupo g1 donde el peso de los cuerpos fructíferos individuales fue menor de 40 g y se obtuvieron los mejores pesos en las fórmulas COLPOS-17 (462 a 638 g) y COLPOS-18 (360 a 638 g) al igual que el número de cuerpos fructíferos cosechados como se puede observar en la **Tabla 40**.

Tabla 40. Calidad de los cuerpos fructíferos en cada una de las unidades de producción en el cultivo de la cepa CP-7 de *Lentinula edodes*.

COLPOS-17		COLPOS-18		COLPOS-20		COLPOS-22	
No. de hongos	Peso (g)						
63	462	114	594	34	160	41	236
107	638	52	360	19	106	58	390
89	534	106	638	21	212	40	202

9.3.3.1.3. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos

Las características de los cuerpos fructíferos cosechados en las diferentes formulaciones, se muestran en la **Tabla 41**, donde el color café de los cuerpos fructíferos fue predominante en las 4 formulaciones, además de un olor agradable, buena apariencia, y buena consistencia. Por otro lado, el daño o maltrato de los cuerpos fructíferos fue nulo, debido a que los cuerpos fructíferos de *L. edodes* son resistentes. El diámetro del estípite en promedio, oscilo entre 1.34x1.28 cm en el tratamiento COLPOS-18 y, el mas pequeño, de 0.92x0.92 cm en el tratamiento COLPOS-20 y el largo del estípite fue de 5.88 en la COLPOS-18 a 3.90 cm en el tratamiento COLPOS-20. Dentro de las características del píleo, el diámetro mayor alcanzado fue en el tratamiento COLPOS-22 con un diámetro de 5.5x5.02 cm y el menor diámetro en el tratamiento COLPOS-20 con 3.8x3.52 cm. La presencia de escamas fue escasa en casi todos los tratamientos, excepto para el tratamiento COLPOS-17, que presentó un poco más de escamas, por lo que, en el cuadro se reportan como regulares (**Figura 12**).



Figura 12. Características presentes en los cuerpos fructíferos de *Lentinula edodes*.

Tabla 41. Características de los cuerpos fructíferos obtenidos de la cepa CP-7 de *Lentinula edodes*.

Formulación	MORFOLOGÍA			
	ESTÍPITE		PÍLEO	
	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Escamas
COLPOS-17	1.32x1.14	5.24	4.54x4.08	Escasas
	1.16x1.08	5.22	4.24x3.42	Escasas
	1.22x1.20	5.20	4.36x3.78	Regular
COLPOS-18	1.34x1.28	5.88	4.9x4.38	Escasas
	1.06x1.06	4.72	4.82x4.22	Escasas
	1.4x1.26	4.98	4.04x3.7	Escasas
COLPOS-20	1.28x1.28	4.70	4.48x4.18	Escasas
	0.92x0.92	3.90	3.8x3.52	Escasas
	1.2x1.12	4.80	4.98x4.74	Escasas
COLPOS-22	1.1x1.1	5.08	4.6x4.06	Escasas
	1.16x1.2	5.16	5.5x5.02	Escasas
	1x0.96	5.28	4.3x3.9	Escasas

9.3.3.1.4. Características físicas de los hongos frescos producidos

En la **Tabla 42** se puede ver que el pH no varió en los hongos comestibles cosechados en los diferentes tratamientos, aunque se puede mencionar que el pH mayor fue de 6.08 en el tratamiento COLPOS-22 y el pH menor de 5.37 encontrado en el tratamiento

COLPOS-17. Por otro lado, la temperatura al momento de su caracterización en los hongos cultivados de *L. edodes*, oscilo en 20.1 a 21.7 en promedio. En cuanto al contenido de humedad de los cuerpos fructíferos, los de la formulación COLPOS-18 presentaron una media de 89.86 % y, para el tratamiento COLPOS-22, de 88.25 %.

Tabla 42. Características físicas de los hongos frescos obtenidos durante la primera cosecha de la cepa CP-7 de *Lentinula edodes*.

FORMULACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
	pH	T °C	Humedad (%)
COLPOS-17	5.37±0.345	20.1±0.361	89.33±2.381
COLPOS-18	5.92±0.682	20.9±0.945	89.86±1.391
COLPOS-20	5.77±0.164	20.7±0.208	88.28±1.075
COLPOS-22	6.08±0.166	21.7±0.231	88.25±1.155

pH= Potencial de hidrógeno, T=Temperatura.

9.3.3.2. Cepa CP-30 de *Pleurotus levis*

La evaluación del crecimiento micelial de las unidades de producción con la cepa de *P. levis* se llevo a cabo hasta que se tuvo un 100% de la colonización del sustrato. Como se puede observar en la **Tabla 41**, se obtuvo una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) y una P-empírica de 0,000, misma que es menor al valor esperado.

Tabla 43. Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	5021.64	4	1255.41	1945.89	0.0000
Residual	20.0	31	0.645161		
Total	5041.64	35			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de 0.05, se observa que el crecimiento micelial entre los tratamientos, formaron 4 grupos (a, b, c y d) [Tabla 44]. En base a estos resultados los mejores tratamiento fueron la COLPOS-17 y COLPOS-18 con 14 días en alcanzar el 100% de invasión micelial (grupo a). El segundo y tercer grupo (b y c) con media de 32 y 33 días en promedio, estuvo representado por las formulaciones COLPOS-22 y COLPOS-20. El tratamiento que tardo más fue la COLPOS-19 con 47 días de invasión micelial.

Tabla 44. Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en las formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-18	7	14	a
COLPOS-17	8	14	a
COLPOS-22	8	32	b
COLPOS-20	8	33	c
COLPOS-19	5	47	d

Dentro de los parámetros evaluados en la cepa CP-30 de *Pleurotus levis* fueron los días que tardo en la aparición de primordios en los diferentes tratamientos (Tabla 45), presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con una P-empírica de 0,0000 que es menor al valor esperado.

Tabla 45. Análisis de varianza de la aparición de primordios (días) de las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	838.306	4	209.576	324.84	0.0000
Residual	20.0	31	0.645161		
Total	858.306	35			

GL= Grados de libertad.

En este parámetro se realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 46**), donde se observa que los tratamientos forman 4 grupos (a, b, c y d) diferentes estadísticamente. En el primer grupo (a) tenemos al tratamiento COLPOS-22 con 32 días en promedio en la aparición de primordios, el segundo grupo (b) se encuentra la COLPOS 20 con 33 días, en el tercer grupo (c) se encuentran los tratamientos COLPOS-17 y 18 con 34 días y el cuarto grupo (d) se encuentra la COLPOS-19 con 47 días. Dichos resultados difieren con los obtenidos en el trabajo de Francchia *et al.*, (2009), donde los primordios se presentaron a los 26 días con sustratos convencionales como la paja y con una cepa comercial de *P. ostreatus*.

Tabla 46. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios (días) de las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-22	8	32	a
COLPOS-20	8	33	b
COLPOS-17	8	34	c
COLPOS-18	7	34	c
COLPOS-19	5	47	d

9.3.3.2.1. Evaluación de la producción

La fructificación de las unidades de producción de la cepa CP-30 se llevo a cabo al igual que la cepa CP-7 en el modulo experimental de Colegio de Postgraduado, donde se tuvo a una temperatura máxima de 26 °C y una mínima de 18, como se observa en la **Figura 13**.

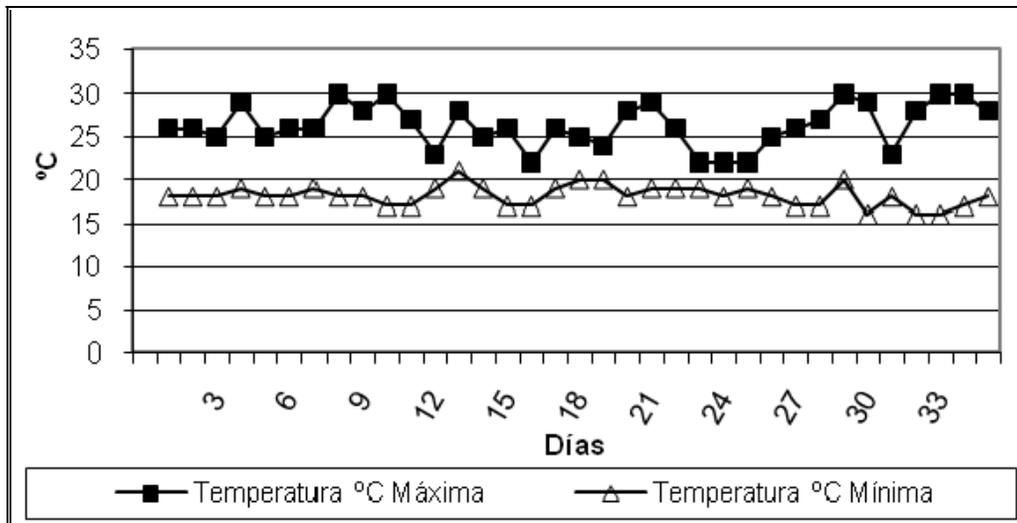


Figura 13. Temperaturas máximas y mínimas registradas en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*.

Además, en el modulo de producción se mantuvo a una humedad relativa de 79.25 % para proporcionar un ambiente adecuado para el desarrollo de los cuerpos fructíferos de *P. levis* (**Figura 14**).

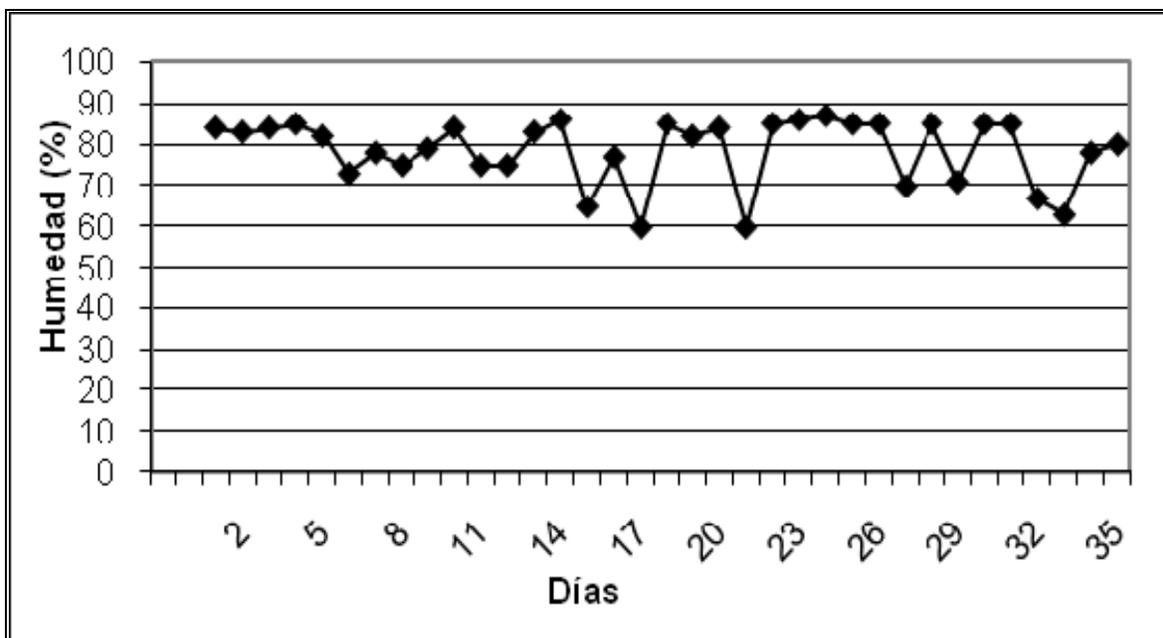


Figura 14. Humedad relativa en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*.

La EB se evaluó mediante un análisis de varianza en los diferentes tratamientos (**Tabla 47**). El análisis presentó una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre estos parámetros, ya que se obtuvo una P-empírica de 0,0082 que es menor al valor esperado.

Tabla 47. Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	G.L.	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	6943.52	4	1735.88	4.16	0.0082
Residual	12928.6	31	417.049		
Total	19872.1	35			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan de la relación entre EB y los tratamientos empleados en la producción de cuerpos fructíferos de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*, con un nivel de significancia de 0.05, se observan 4 grupos (a, ab, bc y c) [**Tabla 48**], por lo que todas las EB son diferentes estadísticamente. La mayor EB se encuentra en el tratamiento COLPOS-22 (grupo a) con una EB de 105 %, seguida por el tratamiento COLPOS-20 con una EB de 102 %, misma que se pueden considerar buenas ya que alcanzaron una EB arriba del 100%. El grupo donde se obtuvo las EB más bajas fueron en el grupo c, con 73 % y con los tratamientos COLPOS 18 y COLPOS-19.

Tabla 48. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de las unidades de producción y con las diferentes formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-22	8	105	a
COLPOS-20	8	102	ab
COLPOS-17	8	81	bc
COLPOS-18	7	73	c
COLPOS-19	6	73	c

9.3.3.2.2. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos

Las características de los cuerpos fructíferos cosechados en las diferentes formulaciones se muestran en la **Tabla 49**. El color amarillo-crema de los cuerpos fructíferos fue predominante en las 5 formulaciones, además de un olor agradable, buena apariencia y consistencia suave. Por otro lado, el daño o maltrato de los cuerpos fructíferos fue nulo. El diámetro del estípite en promedio osciló entre 2.7x2.8 cm en el tratamiento COLPOS-22 y, el diámetro menor fue de 1.24x1.16 cm en el tratamiento COLPOS-18 y el largo del estípite fue de 15.15 en la COLPOS-18 a 4.68 cm en el tratamiento COLPOS-18. Dentro de las características del píleo, el diámetro mayor alcanzado fue en el tratamiento COLPOS-20 con un diámetro de 16.2x12.4 cm y, el diámetro menor en el tratamiento COLPOS-18 con 10.08x9.24 cm. La presencia de escamas fue regular en todos los tratamientos.

Tabla 49. Características presentes de los cuerpos fructíferos en las tres cosechas de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis* en las diferentes formulaciones.

Formulación	MORFOLOGÍA			
	Características de estípite		Características de píleo	
	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Presencia de escamas
COLPOC-17	1.78x1.86	10.12	12.53x11.1	Regular
COLPOS-18	1.7x1.6	9.8	11.0x9.9	Regular
COLPOS-19	1.7x1.8	7.4	12.6x10.9	Regular
COLPOS-20	1.9x1.9	9.0	14.2x12.4	Regular
COLPOS-22	2.4x2.3	9.2	15.5x15.4	Regular

9.3.3.2.3. Características físicas de los hongos frescos

En la **Tabla 50**, se puede ver que el pH no varió en los hongos cosechados en los diferentes tratamientos, aunque se puede mencionar que el pH mayor fue de 6.40 en el tratamiento COLPOS-18 y el pH menor de 6.25 se encontró en los hongos obtenidos en los tratamientos COLPOS-20 y 22. Por otro lado, la temperatura al momento de su caracterización en los hongos de *P. djamor*, osciló de 19.7 a 19.3 en promedio. En cuanto al contenido de humedad de los cuerpos fructíferos, los de la formulación COLPOS-19 presentaron una media de 91.59 % y, para el tratamiento COLPOS-18 de 87.14 %.

Tabla 50. Características físicas de los cuerpos fructíferos en las 3 cosechas de la cepa CP-30 de *Pleurotus levis*.

FORMULACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
	pH	T°C	Humedad (%)
COLPOS-17	6.37±0.02	18.9±0.71	87.64±1.78
COLPOS-18	6.4±0.03	20.1±1.05	87.14±2.85
COLPOS-19	6.29±0.02	21.1±0.14	91.59±0.77
COLPOS-20	6.25±0.03	19.2±0.05	89.38±2.86
COLPOS-22	6.25±0.02	18.9±0.80	89.64±2.99

pH= Potencial de hidrógeno, T= Temperatura.

9.3.3.3. Cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus*

La evaluación del crecimiento micelial de las unidades de producción se llevó a cabo hasta que se tuvo un 100% de la colonización del sustrato como se puede observar en la **Tabla 51**, se observó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) donde se obtuvo una P-empírica de 0.0194, misma que es menor al valor esperado.

Tabla 51. Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	G.L.	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	69.3252	4	17.3313	3.48	0.0194
Residual	144.557	29	4.98473		
Total	213.882	33			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 se observó que el crecimiento micelial entre los tratamientos forma 4 grupos (a, ab bc y c). En base a estos resultados el mejor tratamiento es la formulación COLPOS-20 con una media de 8 días de invasión micelial (grupo a), seguida por la COLPOS-22 con 10 días de invasión (ab). En el grupo bc se encuentran los tratamientos COLPOS-17 y

COLPOS-18 con 11 y 12 días de invasión micelial respectivamente. El tratamiento COLPOS-19 fue el más lento en invadir el sustrato (13 días) y se encontró en el grupo c (**Tabla 52**).

Tabla 52. Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* en las diferentes formulaciones.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-20	5	8	a
COLPOS-22	7	10	ab
COLPOS-17	8	11	bc
COLPOS-18	6	12	bc
COLPOS-19	8	13	c

Los parámetros evaluados en este trabajo están los días que tardo en la aparición de primordios de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* en los diferentes tratamientos (**Tabla 53**) dando como resultado una diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con una P-empírica de 0,000 que es menor al valor esperado.

Tabla 53. Análisis de varianza de la aparición de primordios (días) de las unidades de producción con los diferentes tratamientos en el cultivo de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus*.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	798.828	4	199.707	17.50	0.000
Residual	330.937	29	11.4116		
Total	1129.76	33			

GL= Grados de libertad.

En este parámetro se realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 54**), donde se observa que los tratamientos forman tres grupos diferentes estadísticamente. En el primer grupo (a) se encuentra el tratamiento COLPOS-17 con una media de 12 días, mientras que el segundo grupo esta conformando por los tratamientos COLPOS-22 y COLPOS-20 con medias de 13 y 14 días, respectivamente. El grupo b estuvo conformado por el tratamiento COLPOS-18

con una media de 17 días y por último el grupo c con el tratamiento COLPOS-19 con una media de 25 días.

Tabla 54. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios (días) con las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-50 de *P. ostreatus*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-17	8	12	a
COLPOS-22	7	13	ab
COLPOS-20	5	14	ab
COLPOS-18	6	17	b
COLPOS-19	8	25	c

9.3.3.3.1. Evaluación de la producción

La fructificación de las unidades de producción de la cepa CP-50 de *P. ostreatus*, se llevo acabo a una temperatura máxima de 22.44 y una mínima de 13.32 °C en el modulo experimental de Colegio de Postgraduados, *Campus Puebla* (**Figura 15**).

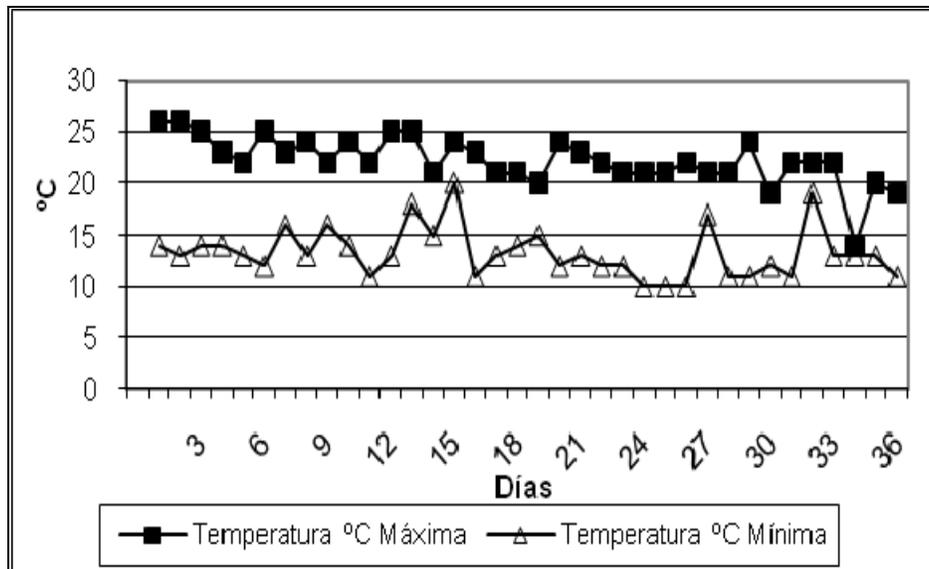


Figura 15. Temperaturas máximas y mínimas mantenida en el módulo de producción durante la fructificación de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus*.

Además se mantuvo a una humedad relativa promedio de 74.47 % para evitar la deshidratación de estos cuerpos fructíferos (**Figura 16**).

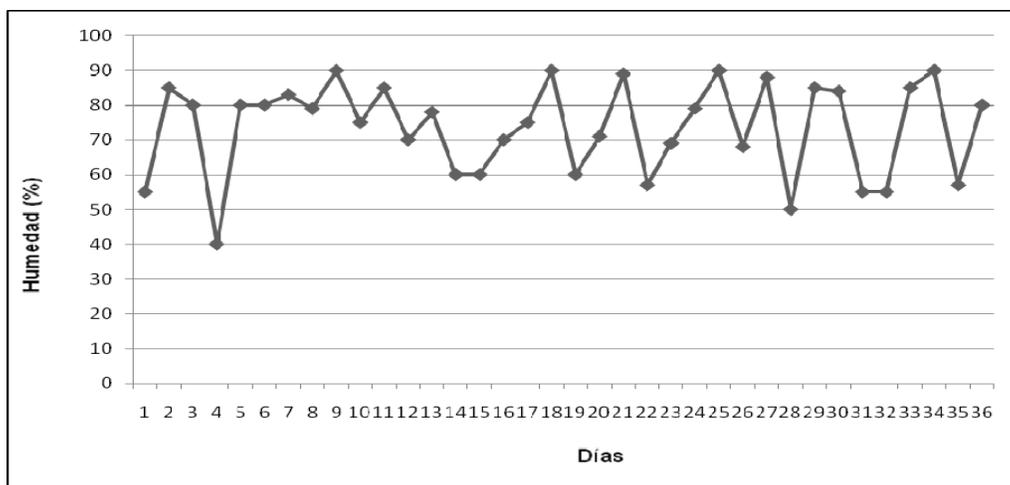


Figura 16. Humedad relativa (%) mantenida en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-50 de *Pleurotus. ostreatus*.

La EB se evaluó mediante un análisis de varianza en los diferentes tratamientos (**Tabla 55**). El análisis presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) ya que se obtuvo una P-empírica de 0.0045 que es menor al valor esperado.

Tabla 55. Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	2319.79	4	579.947	4.75	0.0045
Residual	3540.3	29	122.076		
Total	5859	33			

GL= Grados de libertad.

Como resultado de la prueba de rangos múltiples de Duncan de la relación entre EB y los tratamientos con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 56**) se formaron 2 grupos. Donde el mejor grupo (a) esta conformado por los tratamientos COLPOS-20, COLPOS-17, COLPOS-22 y COLPOS-18 con medias de 61.32, 53.77, 53.4 y 51.85% de EB. En el último grupo (b) se encuentra el tratamiento COLPOS-19 con una media de 36.45%.

Tabla 56. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica en la producción de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* en las diferentes formulaciones.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-20	5	61.32	a
COLPOS-17	8	53.77	a
COLPOS-22	7	53.4	a
COLPOS-18	6	51.85	a
COLPOS-19	8	36.45	b

9.3.3.3.2.- Características morfológicas de los cuerpos fructíferos

Las características de los cuerpos fructíferos cosechados en las diferentes formulaciones se muestran en la **Tabla 57**. El color crema-grisáceo de los cuerpos fructíferos fue predominante en las 5 formulaciones, además de un olor agradable, buena apariencia y consistencia suave. Por otro lado, el daño o maltrato de los cuerpos fructíferos fue nulo, escaso y regular. El diámetro del estípite en promedio oscilo entre 1.3x1.39 cm en el tratamiento COLPOS-17, el menos grueso de 0.88x0.86 cm en el tratamiento COLPOS-22, largo del estípite fue de 4.18 en la COLPOS-18 a 2.24 cm en el tratamiento COLPOS-17. Dentro de las características del píleo, tenemos que el diámetro mayor alcanzado fue en el tratamiento COLPOS-18 con un diámetro de 8.94x7.74 cm y el menor diámetro lo tenemos en el tratamiento COLPOS-22 con 7.08x6.56 cm. La presencia de escamas fue nula en casi todos los tratamientos.

Tabla 57. Características de los cuerpos fructíferos en las tres cosechas de la cepa de *Pleurotus ostreatus* (CP-50) en las diferentes formulaciones.

Formulación	MORFOLOGÍA					
	Color	Daño por maltrato/mal manejo	Caract. de estípite		Caract. De píleo	
			Diámetro	Largo	Diámetro	Presencia de escamas
COLPOS-17	Crema-grisáceo	Escaso	1.3x1.39	2.24	8.84x7.73	no
COLPOS-18	Crema-grisáceo	Nulo	1.2x1.06	4.18	8.94x7.74	Regular
COLPOS-19	Crema-grisáceo	Regular	1.2x1.36	2.98	8.71x8.86	no
COLPOS-20	Crema-grisáceo	Escaso	0.99x0.98	3.14	7.57x6.54	no
COLPOS-22	Crema	Nulo	0.88x0.86	2.36	7.08x6.56	no

9.3.3.3. Características físicas presentes en las diferentes formulaciones

En la **Tabla 58**, se puede ver que el pH no varió en los hongos comestibles cosechados en los diferentes tratamientos, aunque se puede mencionar que el pH mayor fue de 6.25 en el tratamiento COLPOS-17 y el pH menor de 6.08 se encontró en los hongos obtenidos en el tratamiento COLPOS-22. Por otro lado, la temperatura al momento de su caracterización en los hongos cultivados de *P. ostreatus*, oscilo en 24.4 a 21.7 en promedio. En cuanto al contenido de humedad de los cuerpos fructíferos, los de la formulación COLPOS-17 presentaron una media de 90.52 % y para el tratamiento COLPOS-20, de 85.12%.

Tabla 58. Características físicas de los hongos en fresco de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus*.

FORMULACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
	pH	T °C	Humedad (%)
COLPOS-17	6.25±0.03	24.2±0.61	90.52±5.84
COLPOS-18	6.04±0.06	24.4±0.15	88.27±0.27
COLPOS-19	6.22±0.02	21.7 ±0.14	88.12±1.92
COLPOS-20	6.19±0.02	24.1±0.84	85.12±0.50
COLPOS-22	6.08±0.04	24.3±0.25	89.12±0.60

pH= Potencial de hidrógeno, T= Temperatura.

9.3.3.4. Cepa CP-98 de *Pleurotus sp.*

La evaluación del crecimiento micelial de las unidades de producción se llevo a cabo hasta que se tuvo un 100% de la colonización del sustrato en cada uno de los tratamientos. A estos resultados se les aplico un análisis de varianza. Como puede observarse en la **Tabla 59**, se obtuvo una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) y una P-empírica de 0.0000, misma que es menor al valor esperado.

Tabla 59. Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp. en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	3162.98	2	1581.49	697.15	0.0000
Residual	408.333	18	22.682		
Total	3203.81	20			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de 0.05, se observa que el crecimiento micelial entre los tratamientos forma 2 grupos (a y b). En base a estos resultados los mejores tratamientos son las formulaciones COLPOS-20 y COLPOS-22 con 20 días de invasión micelial y el tratamiento mas lento fue la COLPOS-19 con 47 días (**Tabla 60**).

Tabla 60. Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en las formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-20	9	20	a
COLPOS-22	6	20	a
COLPOS-19	6	47	b

Los parámetros evaluados en la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp., está los días que tardo la aparición de primordios en los diferentes tratamientos (**Tabla 61**), presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con una P-empírica de 0.0000 que es menor al valor esperado.

Tabla 61. Análisis de varianza de la aparición de primordios en las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en el cultivo de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	2971.9	2	1485.95	409.40	0.0000
Residual	65.333	18	362.963		
Total	3037.24	20			

GL= Grados de libertad.

En este parámetro, se realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 62**), donde se observa, que los tratamientos forman 2 grupos (a y b) diferentes estadísticamente. En el primer grupo (a) se encuentran los tratamientos COLPOS-22 y COLPOS-20 con un tiempo en la aparición de primordios de 22 días y el grupo b se encuentra el tratamiento COLPOS-19 con 48 días.

Tabla 62. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios en días de las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-22	6	22	a
COLPOS-20	9	22	a
COLPOS-19	6	48	b

9.3.3.4.1. Evaluación de la producción

La fructificación de las unidades de producción de la cepa CP-98 se llevo a cabo a una temperatura máxima de 26.26 y una mínima de 18.22 °C en el modulo experimental de Colegio de Postgraduados, *Campus Puebla* (**Figura 17**).

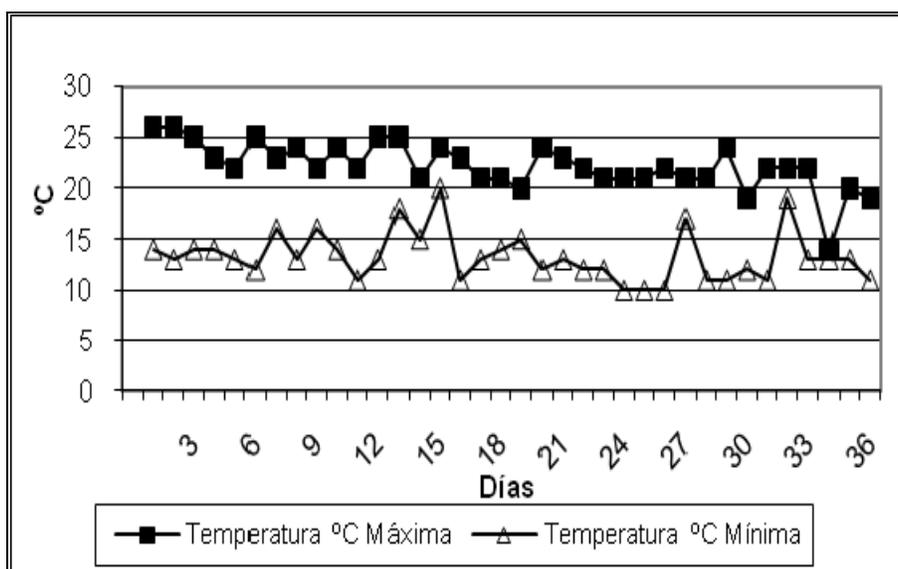


Figura 17. Temperaturas máximas y mínimas mantenida en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp.

Además, se mantuvo una humedad relativa de 79.25 % como se observa en la **Figura 18**, con la finalidad de proporcionar las condiciones adecuadas en el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

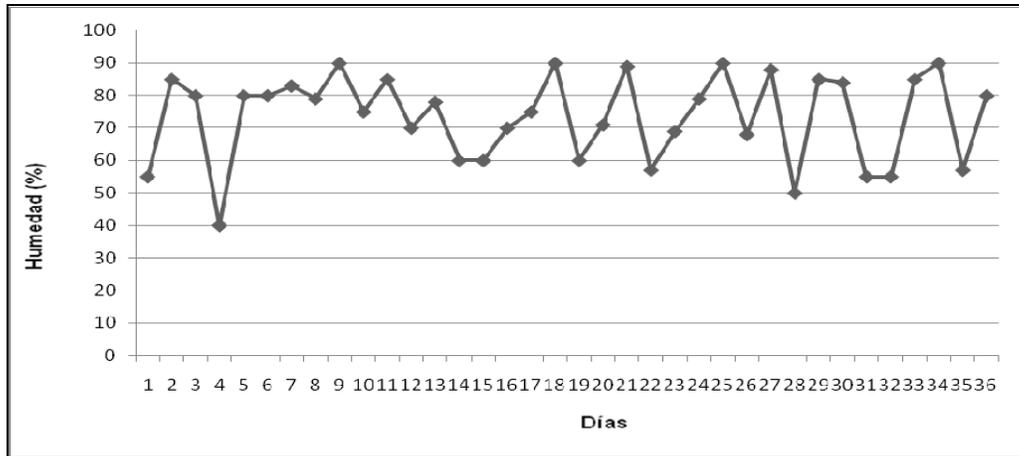


Figura 18. Humedad relativa (%) en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp.

La EB se evaluó mediante un análisis de varianza en los diferentes tratamientos (**Tabla 63**). El análisis presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$), ya que se obtuvo una P-empírica de 0.0063 que es menor al valor esperado.

Tabla 63. Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	2254.18	2	1127.09	6.81	0.0063
Residual	2977.54	18	165.419		
Total	5231.72	20			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan de la relación entre EB y los tratamientos empleados en la producción de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp. con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 64**), se muestran 2 grupos (a y b). En el grupo a, tenemos a la COLPOS-20 con una EB de 63.3% y en el grupo b, tenemos los tratamientos COLPOS-19 y COLPOS-22 con EB de 46.7% y 39.5%, respectivamente.

Tabla 64. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica con los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-20	9	63.3	a
COLPOS-19	6	46.7	b
COLPOS-22	6	39.5	b

9.3.3.4.2. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos

Las características de los cuerpos fructíferos cosechados en las diferentes formulaciones, se muestran en la **Tabla 65**. Donde el color predominante fue rosa-grisáceo, rosa-café y rosa en tres formulaciones (COLPOS-19, COLPOS-20 y COLPOS-22), además de un olor agradable, buena apariencia y consistencia coreacea. Por otro lado, el daño o maltrato de los cuerpos fructíferos fue nulo, debido a que los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* sp. son resistentes. El diámetro del estípite en promedio osciló entre 0.92x0.86 cm en el tratamiento COLPOS-20 y el menos grueso de 0.54x0.56 cm en el tratamiento COLPOS-22. El largo del estípite fue de 2.28 en la COLPOS-19 a 1.1 cm en el tratamiento COLPOS-20. En las características del píleo, el diámetro mayor alcanzado fue en el tratamiento COLPOS-19 con un diámetro de 10.02x9.2 cm y el menor diámetro en el tratamiento COLPOS-22 con 4.72x3.46 cm.

Tabla 65. Características presentes en los cuerpos fructíferos de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp. en las tres cosechas con las diferentes formulaciones.

Formulación	Características morfológicas			
	Color	Estípite		Píleo
		Diámetro (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)
COLPOS-19	Rosa-grisáceo	0.76x0.76	1.99	9.2
COLPOS-20	Rosa-café	0.8x0.83	1.68	7.61x7.41
COLPOS-22	Rosa-café	0.64x0.64	1.42	5.98x5.16

9.3.3.4.3. Características físicas de los hongos frescos

En la **Tabla 66** se puede ver que el pH no varió en los hongos comestibles cosechados en los diferentes tratamientos, aunque se puede mencionar que el pH mayor fue de

6.32 en el tratamiento COLPOS-19 y el pH menor de 6.24 encontrado en el tratamiento COLPOS-22. Por otro lado, la temperatura al momento de su caracterización de los hongos frescos de *Pleurotus* sp., osciló en 21.2 a 18.02°C. En cuanto al contenido de humedad tenemos que los hongos del tratamiento COLPOS-22 presentaron una media de 92.32 % y, para el tratamiento COLPOS-20 de 86.08 %.

Tabla 66. Características físicas de los hongos frescos de la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp. en las tres cosechas en tres formulaciones.

FORMULACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
	pH	T°C	Contenido de humedad (%)
COLPOS-19	6.31±0.02	21.1±0.14	91.5±0.95
COLPOS-20	6.3±0.02	19.2±0.05	86.08±2.86
COLPOS-22	6.3±0.02	18.81±1.12	92.32±1.55

pH= Potencial de hidrógeno, T= Temperatura.

9.3.3.5. Cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*

La evaluación del crecimiento micelial de las unidades de producción se llevo a cabo hasta que se tuvo un 100% de la colonización del sustrato en cada uno de los tratamientos. A estos resultados se les aplico un análisis de varianza. Como se puede observar en la **Tabla 67**, se obtuvo una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) y una P-empírica de 0.2900, misma que es mayor al valor esperado.

Tabla 67. Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	594.167	3	198.056	1.46	0.2900
Réplicas	940.357	6	156.726	1.15	0.4064
Residual	12.225	9	135.833		
Total	265.263	18			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05, se observa que el crecimiento micelial entre los tratamientos forma 1 grupo (a), por lo que se muestra que no existió una diferencia significativa (**Tabla 68**).

Tabla 68. Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial en las formulaciones empleadas en la producción de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-20	3	12	a
COLPOS-17	7	12	a
COLPOS-22	5	13	a
COLPOS-18	4	13	a

Dentro de los parámetros evaluados en la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor* está los días que tardo en la aparición de primordios en los diferentes tratamientos (**Tabla 69**), no presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$), ya que se obtuvo una P-empírica de 0.0635 que es mayor al valor esperado.

Tabla 69. Análisis de varianza de la aparición de primordios en días de las unidades de producción de las diferentes formulaciones empleadas en el cultivo de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	129.861	3	43.287	3.48	0.0635
Réplicas	84.004	6	14.000	1.13	0.4183
Residual	111.806	9	124.228		
Total	349.474	18			

GL= Grados de libertad.

En este parámetro, se realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0.05, de los días que tardo en la aparición de primordios con los tratamientos (**Tabla 70**). Donde se observa, que los tratamientos forman 1 grupo ya que en dicho análisis no existió diferencia estadística.

Tabla 70. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios en días de las diferentes formulaciones en la producción de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-18	4	13	a
COLPOS-22	5	13	a
COLPOS-17	7	14	a
COLPOS-20	3	15	a

9.3.3.5.1. Evaluación de la producción en las diferentes formulaciones

La fructificación de las unidades de producción de la cepa CP-253 se llevo a cabo en el modulo de producción del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, donde se tuvo a una temperatura máxima de 22.4 y una mínima de 13.3 °C, optima para el desarrollo de dichos cuerpos fructíferos (**Figura 19**).

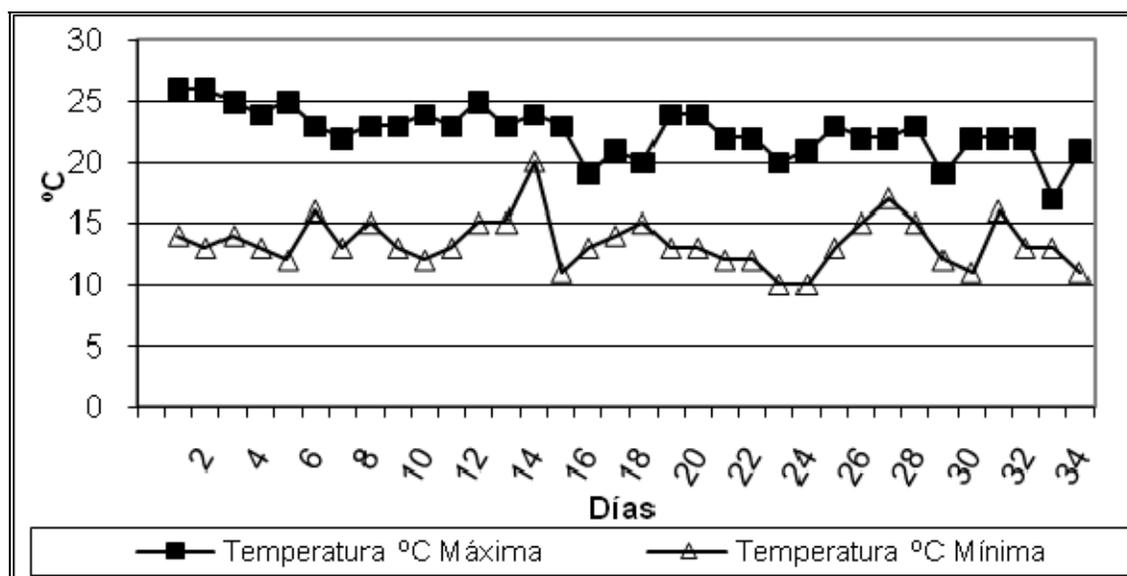


Figura 19. Temperaturas máximas y mínimas registrada en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*.

Además, se mantuvo una humedad relativa promedio de 74.47% para evitar la deshidratación de los cuerpos fructíferos (**Figura 20**).

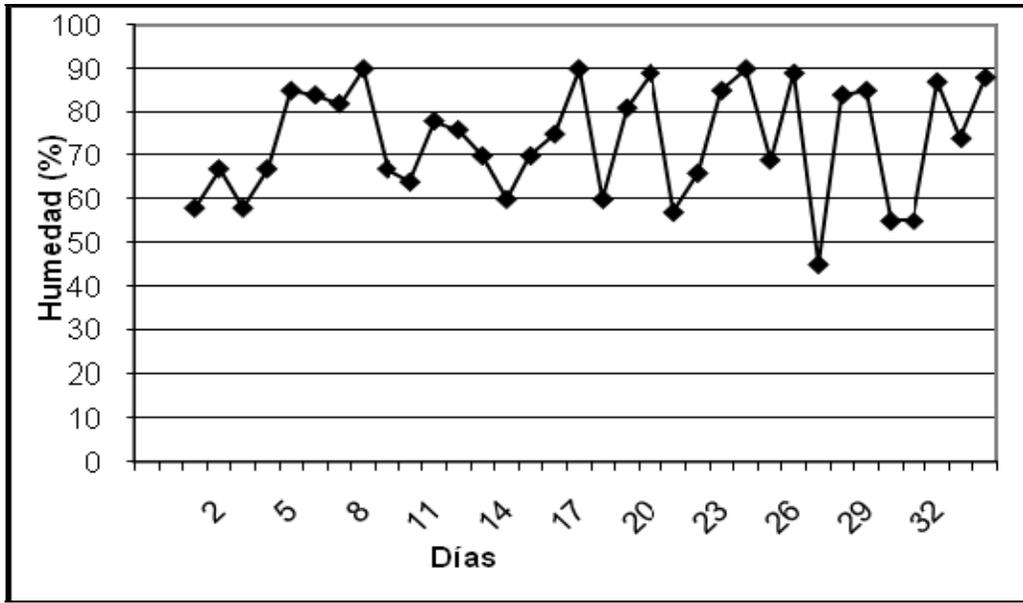


Figura 20. Humedad relativa en el modulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*.

La EB se evaluó mediante un análisis de varianza en los diferentes tratamientos (**Tabla 71**). Los resultados del análisis de varianza presentó que no existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) ya que se obtuvo una P-empírica de 0.4448 que es mayor al valor esperado.

Tabla 71. Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	840.373	3	280.124	0.98	0.4448
Réplicas	140.07	6	233.449	0.82	0.5839
Residual	257.578	9	286.198		
Total	465.951	18			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan de la relación de la EB y los tratamientos en la producción de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor* con un nivel de significancia de 0.05 (**Tabla 72**), se observa que forma 1 grupo, por lo que todas las eficiencias biológicas son estadísticamente iguales.

Tabla 72. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de las unidades de producción en las diferentes formulaciones empleadas en el cultivo de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-18	4	32.9	a
COLPOS-22	5	30	a
COLPOS-20	3	29	a
COLPOS-17	7	28.9	a

9.3.3.5.2. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos

Las características de los cuerpos fructíferos cosechados en los diferentes sustratos se muestran en la **Tabla 73**. El color crema-grisáceo fue predominante en las 4 fórmulas, además de un olor agradable, buena apariencia y consistencia coreacea. Por otro lado, el daño o maltrato de los cuerpos fructíferos fue nulo, debido a que los cuerpos fructíferos de *P. djamor* son resistentes. El diámetro del estípite en promedio osciló entre 1.24x1.20 cm en el tratamiento COLPOS-17, el más delgado fue de 0.56x0.52 cm en el tratamiento COLPOS-17, el largo del estípite fue de 1.60 en la COLPOS-20 a 0.86 cm en el tratamiento COLPOS-17. Dentro de las características del píleo, el diámetro mayor alcanzado fue en el tratamiento COLPOS-17 con un diámetro de 10.9x9.54 cm y, el menor diámetro en el tratamiento COLPOS-18 con 3.44x4.32 cm. La presencia de escamas fue escasa en la mayoría de los tratamientos, excepto para el tratamiento COLPOS-17 que presentó escamas regularmente.

Tabla 73. Características presentes en los cuerpos fructíferos de la cepa CP-253 de *P. djamor* en las diferentes formulaciones.

Formulación	Color	MORFOLOGÍA		
		Caract. del estípite		Caract. del píleo
		Diámetro (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)
COLPOS-17	Crema-grisáceo	0.9x0.8	1.0	8.0x7.0
COLPOS-18	Crema-grisáceo	0.8x0.8	1.2	6.2x7
COLPOS-20	Crema-grisáceo	0.8x0.7	1.2	8.5x6.3
COLPOS-22	Crema-grisáceo	0.7x0.8	1.3	6.4x6.4

9.3.3.5.3. Características físicas de los hongos frescos

En la **Tabla 74** se puede observar que el pH no varió en los hongos comestibles cosechados en los tratamientos, aunque se puede mencionar que el pH mayor fue de 6.31 en el tratamiento COLPOS-17 y el pH menor de 6.21 en el tratamiento COLPOS-22. Por otro lado, la temperatura al momento de su caracterización en los hongos cultivados de *P. djamor*, oscilo en 19.7 a 19.3 en promedio. En cuanto al contenido de humedad los hongos del tratamiento COLPOS-18 presentaron una media de 91.04 % y el tratamiento COLPOS-22, de 87.97 %.

Tabla 74. Características físicas de los hongos frescos de la cepa CP-253 de *Pleurotus djamor*.

FORMULA	CARACTERISTICAS FISICAS		
	pH	T °C	Contenido humedad (%)
COLPOS-17	6.31±0.10	19.6±1.29	88.95±3.09
COLPOS-18	6.36±0.03	19.3±1.36	91.04±0.0
COLPOS-20	6.22±0.08	19.6±1.12	89.30±0.0
COLPOS-22	6.21±0.04	19.7±0.38	87.97±3,17

pH= Potencial de hidrógeno, T= Temperatura.

9.3.3.6. Cepa CP-267 de *Pleurotus pulmonarius*

La evaluación del crecimiento micelial de las unidades de producción se llevo a cabo hasta que se tuvo un 100% de la colonización del sustrato en cada uno de los tratamientos. A estos resultados se les aplico un análisis de varianza. Como se puede observar en la **Tabla 75**, se obtuvo una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) y una P-empírica de 0.0349, misma que es menor al valor esperado.

Tabla 75. Análisis de varianza del crecimiento micelial de la cepa CP-267 de *P. pulmonarius* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	957.143	3	319.048	3.66	0.0349
Réplicas	261.905	7	0.37415	0.43	0.8694
Residual	139.286	16	0.870536		
Total	258.519	26			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 0,05 se observa el crecimiento micelial de la cepa CP-267 entre los diferentes tratamientos forman dos grupos (a y b). En base a estos resultados el mejor tratamiento es la formulación COLPOS-20 con una media de 10 días. El resto de los tratamientos son estadísticamente iguales y están conformados por el COLPOS-17, COLPOS-22 y COLPOS-18 como se puede observar en la **Tabla 76**.

Tabla 76. Prueba de rangos múltiples de Duncan del crecimiento micelial de la cepa CP-267 de *P. pulmonarius* en las diferentes formulaciones.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-20	6	10	a
COLPOS-17	6	11	b
COLPOS-22	8	11	b
COLPOS-18	7	11	b
COLPOS-19	6	40	c

Dentro de los parámetros se evaluó los días que tardo en la aparición de primordios con la cepa CP-267 en los diferentes tratamientos (**Tabla 77**), presentó una diferencia significativa ($p \leq 0,05$) con una P-empírica de 0.000 que es menor al valor esperado.

Tabla 77. Análisis de varianza de la aparición de primordios en las unidades de producción de las diferentes formulaciones en el cultivo de la cepa CP-267 de *P. pulmonarius*.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	870.357	3	290.119	40.49	0.000
Réplicas	972.619	7	138.946	1.94	0.1291
Residual	114.643	16	0.716518		
Total	113.63	26			

GL= Grados de libertad.

Se realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan con el tiempo transcurrido en la aparición de primordios y los tratamientos con un nivel de significancia de 0,05 (**Tabla 78**), donde se observa que los tratamientos forman tres grupos (a, b y c) diferentes estadísticamente. En el primer grupo (a) se encuentra el tratamiento COLPOS-18 con una media de 17 días seguida por el grupo b con los tratamientos COLPOS-17 y COLPOS-22 con medias de 18. Por último el grupo c con el tratamiento COLPOS-20, con una media de 22 días.

Tabla 78. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la aparición de primordios en días de las diferentes fórmulas en la producción de la cepa CP-267 de *P. ostreatus*.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-18	7	17	a
COLPOS-17	6	18	b
COLPOS-22	8	18	b
COLPOS-20	6	22	c
COLPOS-19	6	46	d

9.3.3.6.1. Evaluación de la producción en las diferentes formulaciones

La temperatura mantenida en el modulo experimental del Colegio de Postgraduados *Campus* durante la producción de la cepa CP-267 fue de una máxima de 22.44 y una mínima de 13.32 °C como se observa en la **Figura 21**.

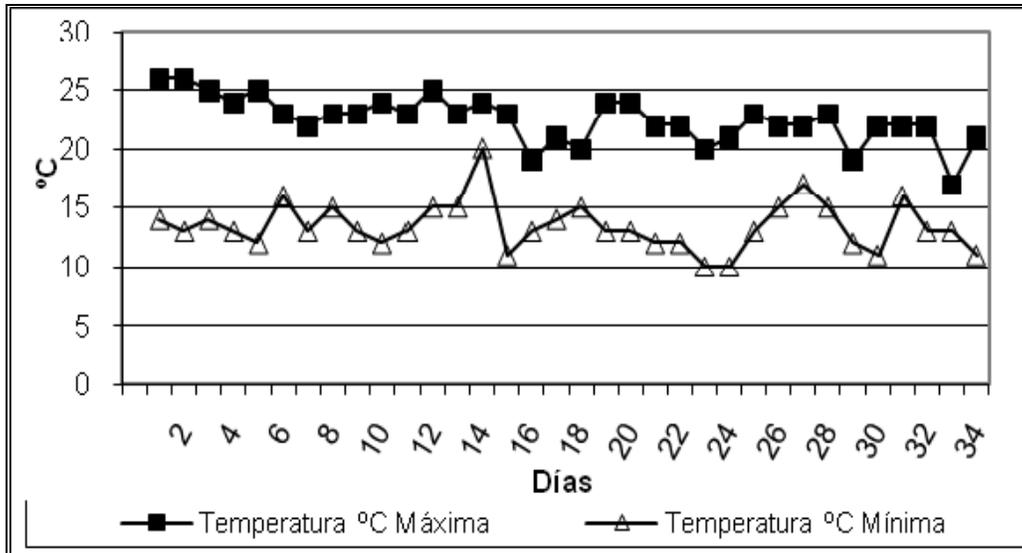


Figura 21. Temperaturas máximas y mínimas mantenida en el modulo de producción durante la fructificación de la CP-267.

Además, se mantuvo a una humedad relativa promedio de 74.47 para evitar la deshidratación de los cuerpos fructíferos (**Figura 22**).

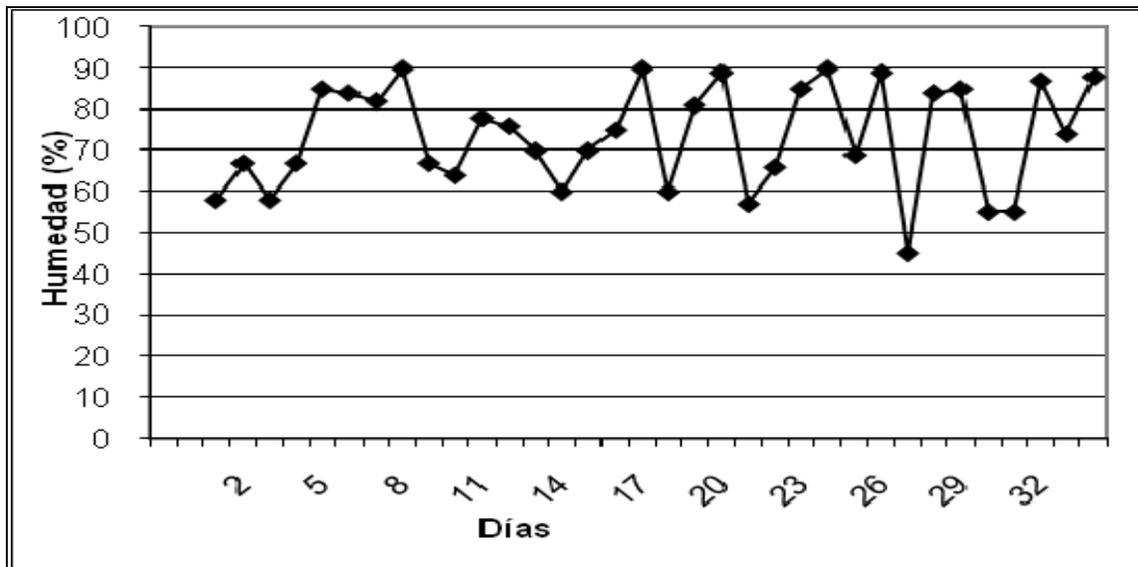


Figura 22. Humedad relativa (%) mantenida en el módulo de producción durante la fructificación de la cepa CP-267 de *P. pulmonarius*.

La EB se evaluó mediante un análisis de varianza en los diferentes tratamientos (**Tabla 79**). El análisis presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre estos parámetros, ya que se obtuvo una P-empírica de 0.0001 que es menor al valor esperado.

Tabla 79. Análisis de varianza de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-267 de *Pleurotus pulmonarius* en las diferentes formulaciones.

Fuente	Sumas de cuadrados	GL	Medias cuadradas	Valor de F.	P-empírica
Tratamientos	1906,26	3	635,42	13,2	0,0001
Réplicas	212.282	7	30.34	0.63	0.7247
Residual	770.437	16	48.15		
Total	3236.01	26			

GL= Grados de libertad.

En base a la prueba de rangos múltiples de Duncan de la relación entre eficiencia biológica y los tratamientos con un nivel de significancia de 0,05 se forman 2 grupos (a y b), el mejor grupo (a) esta conformado por los tratamientos COLPOS-22, COLPOS-17 y COLPOS-18 con medias de 57.3, 53.6 y 49.3%, respectivamente. En el último grupo (b) se encuentra el tratamiento COLPOS-20 con una media de 34.1% como se puede observar en la **Tabla 80**.

Tabla 80. Prueba de rangos múltiples de Duncan de la eficiencia biológica de las unidades de producción de la cepa CP-267 de *P. pulmonarius* en las diferentes formulaciones.

Tratamientos	Réplicas	Medias	Grupos
COLPOS-22	8	57.3	a
COLPOS-17	6	53.6	a
COLPOS-18	7	49.3	a
COLPOS-20	6	34.1	b

9.3.3.6.2. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos

Las características de los cuerpos fructíferos cosechados en los diferentes sustratos se muestran en la **Tabla 81**. El color crema de los cuerpos fructíferos fue predominante en las 4 formulaciones, además de un olor agradable, buena apariencia y consistencia suave. Por otro lado, el daño o maltrato de los cuerpos fructíferos fue nulo, moderado a regular ya que los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* son organismos frágiles. El diámetro del estípite en promedio osciló entre 1.54x1.36 cm en el tratamiento COLPOS-19, el menos grueso de 0.66x0.84 cm en el tratamiento COLPOS-18 y de largo del estípite fue de 5.98 en la COLPOS-19 a 1.50 cm en el tratamiento COLPOS-20. Dentro de las características del píleo, el diámetro mayor alcanzado fue en el tratamiento COLPOS-18 con un diámetro de 13.3x9.6 cm y el menor diámetro en el tratamiento COLPOS-17 con 8.3x5.9 cm. La presencia de escamas fue nula en todos los tratamientos.

Tabla 81. Características de los cuerpos fructíferos de la cepa de *P. pulmonarius* (CP-267) en las diferentes formulaciones.

Formulación	Características morfológicas				
	Color	Daño por maltrato/mal manejo	Estípite		Píleo
			Diámetro (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)
COLPOS-17	Crema	Nulo	1x1	4.3	7.9x6.8
COLPOS-18	Crema	Moderado	0.8x0.9	2.7	8.7x8.3
COLPOS-19	Crema	Moderado	1.3x0.8	5.6	9.7x7.7
COLPOS-20	Crema	Moderado	0.82x0.9	1.50	12.9x15.0
COLPOS-22	Crema	Nulo	0.8x0.9	4.3	8.6x7.4

9.3.3.6.3. Características físicas de los hongos frescos

En la **Tabla 80**, se puede ver que el pH no varió en los hongos comestibles cosechados en los diferentes tratamientos, aunque se puede mencionar que el pH mayor fue de 6,41 en el tratamiento COLPOS-18 y el pH menor de 6.28 en el tratamiento COLPOS-20. Por otro lado, la temperatura al momento de su caracterización de la cepa de *P. djamor*, osciló de 19.7 a 18.9. En cuanto al contenido de humedad los hongos del

tratamiento COLPOS-22 presentaron una media de 90.73% y en el tratamiento COLPOS-19 de 88.12%.

Tabla 82. Características físicas de los hongos frescos de la CP-267 de *P. pulmonarius* en las diferentes formulaciones.

FORMULACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
	pH	T °C	Contenido humedad (%)
COLPOS-17	6.38±0.10	18.9±0.71	90.52±1.68
COLPOS-18	6.41±0.03	19.7±1.9	88.27±4.45
COLPOS-19	6.34±0.03	21.1±0.18	88.12±0.0
COLPOS-20	6.28±0.0	19.2±0.01	85.12±0.0
COLPOS-22	6.30±0.07	18.9±0.80	90.73±0.14

pH= Potencial de hidrógeno, T= Temperatura.

9.3.3.7. Invasión micelial y aparición de primordios

La cepa con menor tiempo de invasión del sustrato fue la CP-253 de *P. djamor* con 11 días en la COLPOS-17 y COLPOS-22, otra de las cepas con menor tiempo de invasión fue la cepa CP-50 de *P. ostreatus* también con 11 días en la COLPOS-17 (Suplementada con bagazo de caña de azúcar), las cuales difieren con lo presentado en el trabajo de Garzón y Cuervo, (2008) presentando 26 días en la invasión micelial en una formulación de aserrín, tallo de maíz y bagazo de caña de azúcar con una cepa de *P. ostreatus*. La formulación con mayor tiempo en la invasión micelial fue la COLPOS-19 ya que osciló de 13 hasta los 47 días atribuido por el pH presente en esta formulación. En la cepa CP-7 de *Lentinula edodes* el sustrato donde presento menor tiempo en la invasión micelial fue en la COLPOS-20 con 15 días.

En los diferentes sustratos, se muestra que en el período de aparición de primordios (AP) con la cepa CP-253 de *P. djamor* se presento a los 13 a 15 días siendo la cepa con menor tiempo en la aparición de primordios. Otra de las cepas con menor tiempo en la aparición de primordios fue la cepas CP-50 de *P. ostreatus* con 12 a 17 días en las formulaciones COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-20 y COLPOS-22, en la

COLPOS-19 los primordios se presentaron a los 25 días mismas que difieren al trabajo presentado por Varnero *et al.* (2010) con 39.2 días en la aparición de primordios con una cepas de *P. ostreatus* y en aserrín de álamo. En la cepa CP-7 de *L. edodes* las mejores formulaciones fueron la COLPOS-18 y COLPOS-20 con 62 y 63 días respectivamente.

Tabla 83. Invasión micelial, aparición de primordios (AP) en las diferentes fórmulas usadas para cultivar los hongos comestibles del género *Pleurotus* y *Lentinula*.

Cepa	Especie	COLPOS-17		COLPOS 18		COLPOS-19		COLPOS-20		COLPOS-22	
		IM	AP	IM	AP	IM	AP	IM	AP	IM	AP
CP-7	<i>L. edodes</i>	24 b	70 b	17 ab	62 a	NP	NP	15 a	63 a	29 b	70 b
CP-30	<i>P. levis</i>	14 a	34 c	14 a	34 c	47 d	47 d	33 c	33 b	32 b	32 a
CP-50	<i>P. ostreatus</i>	11 bc	12 a	12 bc	17 b	13 c	25 c	8 a	14 ab	10 ab	13 ab
CP-98	<i>P. spp.</i>	NP	NP	NP	NP	47 b	48 b	20 a	22 a	20 a	22 a
CP-253	<i>P. djamor</i>	12 a	14 a	13 a	13 a	NP	NP	12 a	15 a	13 a	13 a
CP-267	<i>P. pulmonarius</i>	11 b	18 b	11 b	17 a	40 c	46 d	10 a	22 c	11 b	18 b

9.3.3.8. Eficiencias biológicas en los tratamientos

La mayor eficiencia biológica (EB) obtenida en los tratamientos con bagazo de caña de azúcar fue con la cepa CP-7 (*Lentinula edodes*) cultivada en la formulación COLPOS-17 con 41.0%. El mejor tratamiento en base al análisis estadístico por cepa, fue la fórmula COLPOS-22 con la cepa de *P. levis* (CP-30) con un 105% de producción. Aunque en la evaluación general de la EB, no existió diferencia estadística en las formulaciones (**Tabla 83**). La mayor EB en promedio con todos los tratamientos se obtuvo en la cepa CP-30 (*Pleurotus levis*) con 87.1%, con diferencia significativa en las cepas, a una temperatura entre 14.68 °C como mínimo y 23.1 °C como máximo y una humedad relativa de 68.5%. En este trabajo, las EB fueron superiores al 19.6% reportada por Moncaio *et al.* (2005), con *Pleurotus*, en este trabajo la mínima fue 44.65% para las cepas del mismo género. Este resultado coincide con Guzmán-Dávalos *et al.* (1987) con 49.08% con cepas de *P. ostreatus*. En este trabajo las EB para las formulaciones con bagazo de caña de azúcar fueron inferiores a las reportadas por Martínez-Carrera *et al.* (1990) quienes lo suplementaron con pulpa para cultivar

especies de *Pleurotus ostreatus*, alcanzando un 96.7% de EB. El trabajo de Soto-Velasco *et al.* (1991), presentó EB del 105% con bagazo de caña de azúcar combinado con espiga de maíz (67:33) para cultivar cepas de *P. ostreatus*.

En la cepa CP-30 de *P. levis* cultivada en la formulación COLPOS-17, la EB del 81.2% fue parecida a las de Fernández y Del Mar (2010) quienes obtuvieron un 69% en bagazo de caña de azúcar al 100% y con una cepa de *P. ostreatus*. Comparado con otras especies del género *Pleurotus* como con *P. sajor-caju* las EB obtenidas en este trabajo fueron altas (48% con la cepas de *P. djamor* y en la formulación COLPOS-17), ya que los resultados obtenidos por Moda *et al.* (2005) fueron de 13.8% en bagazo de caña de azúcar pasteurizada.

En este trabajo se observó que no existe relación con el tiempo de colonización de las UP entre la productividad tal como lo menciona Salmones *et al.* (1997) y Sastré-Ahuatzi *et al.* (2007), ya que en la cepa CP-30 de *P. levis* el tiempo de colonización de la UP fue de 32 días en la formulación COLPOS-22 y una eficiencia biológica de 105%. La EB en los tratamientos permiten suponer que el residuo agroindustrial bagazo de caña puede utilizarse como suplemento en el cultivo de *P. levis* y *L. edodes* como especies exóticas en las regiones cañeras de México.

Tabla 84. ANOVA con diferencia significativa y Prueba de rangos múltiples ($p < 0.05$) de las eficiencias biológicas (EB) en las diferentes formulaciones y con las 5 especies de hongos comestibles.

Cepa	Especie	Eficiencia biológica (%)				
		COLPOS-17	COLPOS-18	COLPOS-19	COLPOS-20	COLPOS-22
CP-7	<i>L. edodes</i>	41.0±4.93 a	39± 5.93 a	NP	7.0± 0.12 c	17.1± 5.65 b
CP-30	<i>P. levis</i>	81.2±9.28 bc	83.4±5.93 c	73.0±14.72 c	102.0±25.02 ab	105±11.9 a
CP-50	<i>P. ostreatus</i>	53.7±13.9 a	52.0 ±9.02 a	40.1±9.6 b	61.3 ±7.7a	53.4±11.1 a
CP-98	<i>Pleurotus</i> sp.	NF	NF	47.0±18.57 b	63.3±10.1 a	40.0±9.39 b
CP-253	<i>P. djamor</i>	48±5.40 a	52.0±6.30 a	NF	51.0±2.00 a	47.0±4.8 a
CP-267	<i>P. ostreatus</i>	52±7.31 a	49.0±3.60 a	27.6±10.4 c	32.4±3.72 b	57.3±9.01 a

NF= No fructifico.

9.3.3.9. Características del sustrato residual después de la producción de los hongos comestibles estudiados

Con la cepa CP-7 de *L. edodes* en la formulación COLPOS-17 se observó una disminución del pH pasando de 3.7 a 5.04 y el mayor pH se presentó en la COLPOS-20 con un pH de 5.04. En el contenido de humedad, la formulación con mayor humedad fue la COLPOS-20, con una humedad de 79 %. En la cepa CP-30 de *P. levis* en su mayoría, no existió mucha diferencia en este parámetro ya que su pH osciló de 4.99 a 5.58. En el contenido de humedad, la mayor se presentó en la COLPOS-20 con 61.67 %. En la cepa CP-50 el pH osciló de 4.46 presente en la COLPOS-18 y de 5.41, presente en la COLPOS-19. En el contenido de humedad 56.64 en la COLPOS-17 a 62.71 presente en la COLPOS-20.

En la cepa CP-98 de *Pleurotus* sp. el pH menor se presentó en la COLPOS-22 con 4.51 y el mayor pH se encontró en la COLPOS-19 con 5.69. En el contenido de humedad osciló entre 53.89 a 72.7 % en la COLPOS-19 y 20 respectivamente. En la producción de la cepa CP-253 de *P. djamor* el pH en el sustrato residual osciló entre 4.7 a 5.12 en las formulaciones COLPOS-17 y 20 respectivamente, además de presentar un porcentaje de humedad de 63.3 y 68.04 en la COLPOS-22 y 20 respectivamente.

Por último, el sustrato residual en la producción de la cepa CP-267 de *P. pulmonarius* el pH osciló entre 4.94 y 5.17 en las formulaciones COLPOS-20 y 19. El porcentaje de humedad osciló entre 57.06 y de 68.46 % en las formulaciones COLPOS-19 y 18 respectivamente (**Tabla 84**).

Tabla 85. Características presentes en el sustrato utilizado en la producción de hongos comestibles en esta investigación.

Cepa	Especie	Formulación	pH inicial	pH final	CH inicial	CH final
CP-7	<i>L. edodes</i>	COLPOS-17	6.39 ±0.71	3.7±0.05	61.6±0.60	68±1.01
		COLPOS-18	6.55±0.67	4.6±0.04	61.8±0.40	73.9±0.67
		COLPOS-20	5.47±0.14	5.0±0.01	60.2±1.73	79.5±0.75
		COLPOS-22	6.39±0.36	4±0.05	61.9±0.68	66.3±0.81
CP-30	<i>P. levis</i>	COLPOS-17	6.39 ±0.71	5.1±0.04	61.6±0.60	66.9±1.54
		COLPOS-18	6.55±0.67	5.4±0.02	61.8±0.40	48.9±1.40
		COLPOS-19	10.9±0.81	5.3±0.02	52.3±0.68	42.9±0.41
		COLPOS-20	5.47±0.14	5.0±0.22	60.2±1.73	61.7±0.67
		COLPOS-22	6.39±0.36	5.6±0.03	61.9±0.68	55.5±2.2
CP-50	<i>P. ostreatus</i>	COLPOS-17	6.39 ±0.71	4.6±0.05	61.6±0.60	56.6±1.44
		COLPOS-18	6.55±0.67	4.5±0.05	61.8±0.40	59.3±0.60
		COLPOS-19	10.9±0.81	5.4±0.03	52.3±0.68	55.8±1.74
		COLPOS-20	5.47±0.14	4.6±0.01	60.2±1.73	62.7±0.91
		COLPOS-22	6.39±0.36	4.5±0.02	61.9±0.68	61.7±0.73
CP-98	<i>Pleurotus sp.</i>	COLPOS-19	10.9±0.81	5.7±0.12	52.3±0.68	53.9±5.45
		COLPOS-20	5.47±0.14	5.0±0.05	60.2±1.73	72.7±1.6
		COLPOS-22	6.39±0.36	4.5±0.02	61.9±0.68	68.9±0.38
CP-253	<i>P. djamor</i>	COLPOS-17	6.39 ±0.71	4.7±0.14	61.6±0.60	63.6±1.33
		COLPOS-18	6.55±0.67	4.9±0.03	61.8±0.40	67.9±0.69
		COLPOS-20	5.47±0.14	5.1±0.04	60.2±1.73	68.0±1.20
		COLPOS-22	6.39±0.36	4.8±0.01	61.9±0.68	63.3±2.48
CP-267	<i>P. pulmonarius</i>	COLPOS-17	6.39 ±0.71	5.1±0.03	61.6±0.60	60.8±1.15
		COLPOS-18	6.55±0.67	5.0±0.19	61.8±0.40	68.5±1.24
		COLPOS-19	10.9±0.81	5.2±0.06	52.3±0.68	57.1±3.12
		COLPOS-20	5.47±0.14	5.0±0.21	60.2±1.73	62.9±1.13
		COLPOS-22	6.39±0.36	5.0±0.05	61.9±0.68	67.3±0.71

pH= Potencial de hidrógeno, CH= Contenido de humedad.

9.3.3.10. Sustrato consumido por la cepa CP-30 de *P. levis*

En el caso de la cepa CP-30 existe una correlación de -0.9702 entre el consumo de sustrato y la eficiencia biológica, por lo que, a mayor consumo de sustrato existe una mayor eficiencia biológica, como podemos ver en la **Tabla 85**. Donde el consumo fue de 610 g y la eficiencia biológica del 105 % obtenida a los 113 días en 3 ciclos de producción en la fórmula COLPOS-22.

Con la cepa testigo CP-50 de *P. ostreatus* también existió una correlación alta de -0.9846 entre el consumo de sustrato y la eficiencia biológica, por lo que a mayor consumo de sustrato mayor es la eficiencia biológica, aunque en las formulación COLPOS-19 difiere ya que el consumo fue de 733 g de sustrato, siendo cercano al 50% de sustrato consumido y una eficiencia biológica de 40.1%. El consumo de sustrato es mayor a lo reportado por Manzano *et al.* (2004), con una cepa de *P. djamor* siendo del 8.5% por lo que denotaría una baja producción dicha especie.

Tabla 86. Relación de la eficiencia biológica entre el consumo total de sustrato utilizado en esta investigación.

Cepa	Tratamiento	PSSI (g)	PHDP (g)	CH	PSF (g)	SC (g)	TP (días)	EB (%)
CP-30	COLPOS-17	996.0±14.7	1261.5±145.9	87.6	417.9±48.3	578.1±52.6	105.5±18	81.2±9.3
CP-30	COLPOS-18	964.0±55.6	1234±199.9	87.1	630.9±102.2	333.0±107.3	122.0±24.8	72.8±31.9
CP-30	COLPOS-19	1388.5±20.1	1756.4±116.4	91.6	1002.3±66.4	386.1±56.8	121.6±16	73.0±14.7
CP-30	COLPOS-20	979.2±8.7	850.9±78.4	86.9	481.1±44.3	498.1±40.1	76.3±30.11	101.5±25
CP-30	COLPOS-22	1087.0±12.1	1072.3±160.1	89.6	477.2±71.3	610.0±64.4	113.1±6	105.0±11.9
CP-50	COLPOS-17	1114.4±18.1	1393.5±72.4	56.6	604.2±31.4	510.2±31	49.13±8.8	53.752±13.9
CP-50	COLPOS-18	1118.0±11.5	1519.3±143.2	59.3	618.8±58.3	499.1±54	56±10	51.8±9.02
CP-50	COLPOS-19	1524.4±39.9	1796.0±93.5	55.8	793.5±41.3	733.0±84.7	67.8±5.0	40.1±9.6
CP-50	COLPOS-20	1025.1±24.7	1418±80	62.71	528.5±29.8	497.0±40	44.8±1.79	61.3±7.7
CP-50	COLPOS-22	1129.1±25.4	1453.0±98.9	61.71	557.0±37.9	561.3±26.3	49.0±8.38	53.4±11.1

PSSI= Peso seco del sustrato inicial, PHDP= Peso húmedo después de producción, CH= Contenido de humedad (%), PSF= Peso seco final, SC= Sustrato consumido, TP= Tiempo de producción, EB= Eficiencia biológica.

La mayor eficiencia biológica de la cepa CP-7 de *L. edodes* se presentó en la formulación COLPOS-17, suplementada con bagazo de caña de azúcar. Los hongos cosechados de la cepa CP-7 presentaron un peso no mayor a 40 g, por lo que el 100%

de la producción se ubicó en el grupo g1. La cepa CP-30 presentó una mayor adaptación a la formulación COLPOS-17, ya que la invasión en las unidades de producción (UP), tardó 14 días, además de presentar una eficiencia biológica de 81%. La cepa CP-30 presentó una buena eficiencia biológica en la COLPOS-19, por lo que se puede utilizar para controlar algunos hongos competidores como *Trichoderma* spp. en la producción de dicha cepa. Además, en todas las formulaciones presento eficiencias biológicas cercanas al 100%

Las mejores cepas CP-7 de *L. edodes* y la cepa CP-30 de *P. levis* presentaron las mayores eficiencias biológicas y mejores tamaños de hongos en la formulación COLPOS-17, por lo que se seleccionaron para formar parte de dos paquetes tecnológicos.

10. CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron dos procesos biotecnológicos de hongos comestibles cultivados que pueden ser transferidos a productores de las regiones cañeras del país y del estado de Puebla y de esta manera lograr una producción industrial de éstos organismos (CP-7 y CP-30), con las diferentes organizaciones campesinas.
2. Se elaboraron 5 formulaciones (COLPOS-17, COLPOS-18, COLPOS-19, COLPOS-20 y COLPOS-22) usando como base el aserrín encino y suplementando dos formulaciones (COLPOS-17 y COLPOS-19) con bagazo de caña de azúcar.
3. Se cultivaron 6 especies diferentes de hongos comestibles (CP-7 de *L. edodes*, CP-30 de *P. levis*, CP-50 de *P. ostreatus*, CP-98 de *Pleurotus* sp., CP-253 de *P. djamor* y CP-267 de *P. pulmonarius*) a nivel de planta piloto, obteniendo mejores resultados en las cepas CP-7 y la cepa CP-30.
4. Los estudios de caracterización de los hongos estudiados, en medios de cultivo agar dextrosa y papa (PDA), extracto de malta agar (EMA) y *All Bran*, agar bacteriológico y extracto de malta (BFS) mostraron mejores k_r las cepas CP-253, CP-267, CP-30 y la CP-7.
5. Los estudios de caracterización morfológica y fisiológica de los hongos estudiados, en la formulación COLPOS-17, en donde la cepa CP-7 de *L. edodes* presentó la eficiencia biológica más alta (41%) y hongos menores de 40 g y, en la cepa CP-30 de *P. levis* se presentó una eficiencia biológica cercana al 100%, además de presentar hongos de mejor talla que las otras cepas estudiadas.
6. La cepa CP-30 (*P. levis*) al ser cultivada en la formulación COLPOS-19 (aserrín suplementado con bagazo de caña de azúcar y a un pH 10.9), presento un eficiencia biológica de 73%, por lo que, el pH alto favoreció el crecimiento y fructificación, además de que el pH alto inhibe el crecimiento de contaminantes como *Trichoderma* spp.

7. Los valores observados de EB en las especies de *P. levis* y *L. edodes* permiten proyectar una futura explotación a nivel industrial de estos recursos en las zona cañeras. Además, el aprovechamiento alternativo de desechos agroindustriales de bagazo de caña de azúcar para la producción de alimento como son los hongos comestibles, esto es fundamental debido a la problemática (competencia) que presenta la producción de azúcar.

11. PAQUETE TECNOLÓGICO

A partir de los años ochenta, el modelo económico de México se ha ido transformando de un sistema cerrado con altas medidas de protección hacia un sistema abierto. Este proceso se aceleró a partir de 1994 con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), estableciendo las bases para que en un período de 15 años la nación estuviese abierta en su totalidad al comercio con Estados Unidos y Canadá, situación que aconteció el 1 de enero del 2008. Con la entrada en vigor del TLCAN nos vemos obligados a ser competitivos y crear nuevas tecnologías que nos permitan entrar al un mercado globalizado y evitar la exclusión de las regiones más golpeadas por este fenómeno globalizado, que son los campesinos. Es difícil competir con países de primer mundo donde existe un gran apoyo hacia el campo, por lo que es necesario y una gran responsabilidad de las instituciones crear innovación en el sector agrícola. Por lo que, el presente trabajo aborda un conjunto de planteamientos en torno a una metodología para el análisis de un paquete tecnológico con fines de explotación comercial. Se ofrece como un marco referencial que aspira servir a la aplicación de un paquete tecnológico de hongos comestibles elaborado en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, el cual puede apoyar a aquellas organizaciones generadoras de productos alimenticios, hacia mejorar pautas de negociación en circunstancias que ameriten la aplicación de dicho paquete tecnológico y entrar a un mercado globalizado. El carácter referencial viene a estar dado por la poca información disponible (a nivel nacional), acerca de la identificación de elementos para la determinación de costos, metodológicos y de mercado. Por lo que esta investigación nos aporta una parte, principalmente la parte metodológica en el cultivo de hongos comestibles.

Para crear un paquete tecnológico es necesario un equipo de investigadores y profesionales de las Facultades de Ciencias como el Colegio de Postgraduados, con una amplia experiencia y conocimientos en hongos comestibles cultivados en nuestro país, este grupo debe materializar los proyectos para el "Desarrollo de negocios asociados al cultivo comercial de hongos comestibles para el mercado internacional".

Este trabajo tiene como objetivo fomentar la tecnología para la producción de hongos de las especies de hongos comestible, en este caso el cultivo de *Pleurotus levis* y

Lentinula edodes en las regiones cañeras de México y del estado de Puebla. Para ello el trabajo de investigación ha creado dos paquete tecnológico, que son el cultivo intensivo de *P. levis* (CP-30) y *L. edodes* (CP-7) con la formulación de aserrines combinado con bagazo de caña (COLPOS-17).

Los clientes que deseen acceder a las tecnologías disponibles para producir hongos recibirán capacitación en técnicas de cultivo, diseño de infraestructuras apropiadas, y asistencia técnica por parte del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla. Para concretar la transferencia tecnológica, se concretara un acuerdo con la instancias gubernamentales como SAGARPA, SEDESOL, SDR etc., las cuales tienen relación con organizaciones campesinas y con el apoyo económico.

Los antecedentes en el cultivo de hongos comestibles y el equipo de trabajo del Colegio de Postgraduados estima que en México y a nivel mundial, existe un gran potencial en la producción de nuevas especie exóticas (*P. levis* y *L. edodes*) y prevé que quienes adquieran los paquetes tecnológicos y accedan a la asistencia técnica que se brinde obtendrán una importante rentabilidad, puesto que el mercado de los hongos cultivados atraviesa por una creciente expansión en el mundo.

11.1. Características de los paquetes tecnológicos

1. Producción de Lentinula edodes

Para un mejor resultado en la aplicación del paquete tecnológico el productor le es necesario saber la metodología establecida.

La conservación de esta especie es mediante medio de cultivo BFS (All bran, agar bacteriológico y extracto de malta) con este medio se obtendrá una tasa de crecimiento de 5.8 mm/d con un micelio aterciopelado-lanoso. Este medio de cultivo presenta un pH de 5.6 y el medio de cultivo con micelio, el pH se acidifica alcanzando un pH de 3.8.

La investigación sugiere el cultivo en sustrato de la formulación COLPOS-17 constituida por 6.43 kg de aserrín de encino, 1.23 kg de aserrín de *Bursera*, 1.28 kg de bagazo de caña de azúcar, 2.72 kg de olote de maíz, 2.97 kg de salvado de trigo, 450 g de Cal [Ca

(OH₂)] y 1800 g de yeso (CaSO₄) y 26 L de agua. La formulación presenta un pH de 6.7 y una humedad de 61.6%.

La colonización en unidades de 4 kg se presenta a los 24 días, una vez colonizado el sustrato se presenta la costra café a los 34 días después de la inoculación y la aparición de primordios a los 70 días. Para inducir la fructificación es necesario un choque térmico con agua por 12 horas. Las características favorable en el modulo para la producción de cuerpos fructíferos es de una temperatura mínima de 14.6 y una máxima de 23.1 °C y una humedad relativa de 68.5%. Con el control de estos parámetros la cepa de *L. edodes* (CP-7) presenta 88 primordios en promedio, cuerpos fructíferos menores a 40 g, píleo con diámetro de 4.38x3.76 cm, 5.22 cm de largo del estípite, grosor de estípite de 1.23x1.14 cm, contenido de agua de 89.3%, pH de 5.37 y una eficiencia biológica de 41%.

2. Producción de *Pleurotus levis*

Para la conservación de la especie de *P. levis* (CP-30) es necesario medio de cultivo BFS (All bran, agar bacteriológico y extracto de malta). Las características presentes en este medio de cultivo son: una tasa de crecimiento de 2.8 mm/d con un micelio lanoso y una densidad regular, pH inicial de 5.6 y un aumento de este a 5.9.

Esta especie al igual que *L. edodes* se sugiere el cultivo en sustrato de la formulación COLPOS-17. Presentando una colonización en unidades de 3 kg a los 14 días y aparición de primordios a los 34 días en promedio. Las características favorable en el modulo para la producción de cuerpos fructíferos es de una temperatura mínima de 18 y una máxima de 26 °C y una humedad relativa de 79.2%. Con el control de estos parámetros la cepa de *P. levis* (CP-30) presenta cuerpos fructíferos con diámetro (píleo) de 12.53x11.1 cm, 10.12 cm de largo del estípite, grosor de estípite de 1.78x1.86 cm, contenido de agua de 87.6%, pH de 6.37 y una eficiencia biológica de 81%.

12. ESTRATEGIA

El verdadero problema para definir un escenario futuro, mediante objetivos, es no conocer suficientemente bien el escenario actual, signo evidente de no utilizar una metodología adecuada. Debemos, por tanto, en primera instancia realizar una reflexión de lo que somos y en que parte de nuestro problema nos encontramos, para después descubrir, hacia dónde queremos dirigir todos nuestros esfuerzos. Parece sencillo, pero muchos de los proyectos de innovación no estudian los factores internos y externos de la estructura del problema a resolver y se precipitan en definir objetivos sin conocer su contexto particular y general. Por todo esto, es necesario ofrecer unas herramientas de trabajo que faciliten la comprensión de su realidad y provocar un trabajo colaborativo de todas las partes participativas para una mejor realización de un proyecto. Cuando me refiero a este tipo de trabajo, el colaborativo o de equipo si se quiere, es para apelar a una necesidad imperiosa dentro de nuestro proyecto. Un buen entendimiento de las partes participativas nos lleva a una buena aceptación de una innovación. Un centro que no apueste por sus miembros en la definición de sus objetivos, está abocado al fracaso antes de ver resultados. Para una mejor aplicación de la innovación es necesario utilizar herramientas tales como la planificación estratégica, además de ser un instrumento válido para gestionar el cambio hacia la sociedad del conocimiento, es una metodología aplicable a toda innovación que tiene como finalidad huir de la improvisación y sujetarse a una previsión de futuro y de resultados (Fuster, 2008). Es una manera de afrontar los cambios, no es la única por supuesto, pero en un entorno donde impera la incertidumbre, la planificación estratégica empieza a ser una gran aliada para formar parte de las innovaciones.

La planificación estratégica, como lo mencionan Mintzberg y Brian (1993) “es establecer la orientación general de una empresa y su viabilidad máxima a la luz, tanto de los cambios predecibles como los impredecibles que, en su momento, puedan ocurrir en los ámbitos que son de su interés o competencia. Estas decisiones son las que auténticamente moldean las verdaderas metas de la empresa y las que contribuyen a delinear los amplios límites dentro de los cuales habrá de operar”. En este razonamiento la planificación estratégica nos ayuda a ser más precisos en la toma de decisiones. En

este contexto una estrategia esta conformada por una serie de cursos de acciones que permiten alcanzar las metas y objetivos que se ha planteado una organización. Según Mintzberg y Brian (1993), una estrategia es el patrón o plan que integra las principales metas y políticas de una organización y a la vez, establece la secuencia coherente de las acciones a realizar. Un planteamiento adecuado ayuda a poner orden y asignar, con base tanto en sus atributos como en sus deficiencias internas, los recursos de una organización, con el fin de lograr una situación viable y original, así como anticipar posibles cambios en el entorno y las acciones imprevistas de los oponentes. Las estrategias formales consideran, entre otras, las siguientes dimensiones: las metas y objetivos, diagnóstico en base a la evaluación de los recursos con los que se cuenta dentro del contexto al cual pertenece la estrategia o secuencia de acciones jerárquicamente realizadas, la implementación así como los mecanismos de seguimiento y control.

12.1. Objetivo de la estrategia

México, presenta un gran incremento en la producción de hongos comestibles en los géneros *Agaricus*, *Pleurotus* y en la actualidad el género *Lentinula*, representando una proporción muy pequeña del gran número de hongos que existen de manera silvestre dentro del territorio Mexicano, en su mayoría podría representar un gran potencial en el cultivo a nivel industrial. En este trabajo, se obtuvieron paquetes tecnológicos factibles de utilizarse como son las especies de *P. levis* y *L. edodes* a nivel comercial y generar recursos en la sociedad teniendo un gran impacto económico. Por lo que, en este último apartado el objetivo es generar una estrategia para implementar en cultivo de estas dos especies, como una alternativa para mejorar la producción de hongos comestibles de las empresas sociales, que pueda ayudar a mejorar la dieta de los productores así como sus ingresos, haciendo eficiente el uso de los subproductos agrícolas, además con la acción de las diferentes entidades federativas tales como SEMARNAT, SAGARPA, SEDESOL, etc.

12.2. Aplicación del método estratégico

Para tener una mejor aplicación de la estrategia es necesaria la utilización de un mapa conceptual que nos guíe de una manera más explícita en las diferentes intervenciones y los diferentes actores participantes (**Figura 23**).

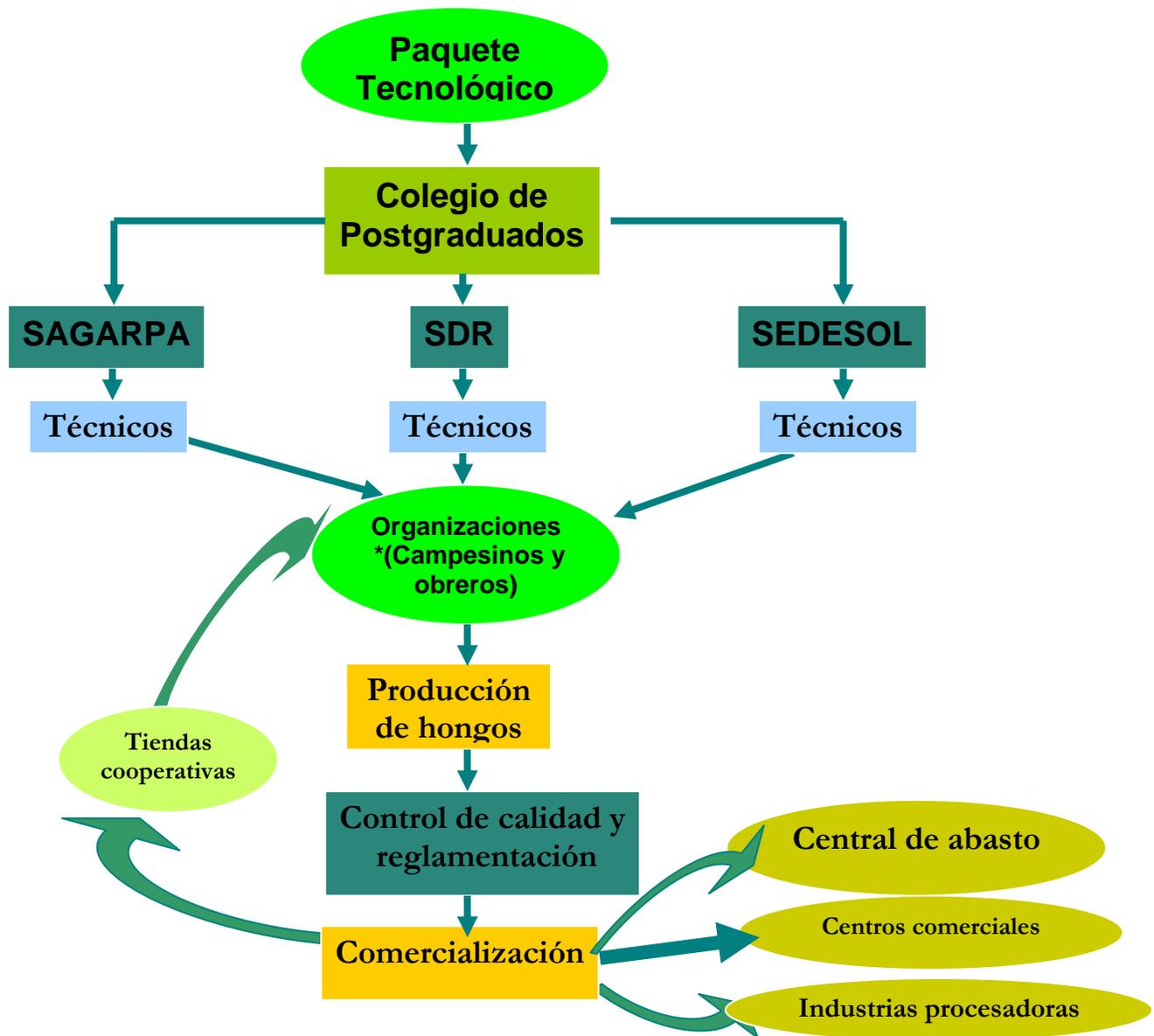


Figura 23. Mapa conceptual de la aplicación de los paquetes tecnológicos en las regiones cañeras de México.

12.2.1. Aplicación del paquete tecnológico

En primera estancia, mediante la investigación nosotros generamos un paquete tecnológico en el programa doctoral con el apoyo del Colegio de Postgraduados y recursos del CONACYT. En este paquete, nosotros proponemos los requerimientos principales para la producción de los hongos *Pleurotus levis* y *Lentinula edodes*. En este apartado de la estrategia, lo recomendable para obtener un mejor producto (Hongos) será:

1) Elaboración de semilla, para tener una mayor calidad. 2) Sustrato residual, en la cual se buscan sustratos que logren aumentar los rendimientos y disminuir los costos de producción, y el manejo como fertilizante orgánico, en este caso sugerimos el bagazo de caña de azúcar por los previos resultados. 3) Producción de hongos comestibles, para mejorar la tecnología del cultivo y la infraestructura y evitar enfermedades que disminuyen la producción. 4) Procesamiento de hongos comestibles, como alternativa para la venta de hongos, en la que se utilicen tecnologías sencillas de envasado, secado a nivel rural y que cumplan con la normatividad vigente de alta calidad.

12.2.2. Instancias gubernamentales

Para una mejor aplicación de los paquetes tecnológicos, se pretende pedir apoyo de las diferentes instancias gubernamentales, como son SAGARPA; SDR y SEDESOL, con la finalidad de transferir el paquete tecnológico obtenido. Estas instancias gubernamentales están encargadas de incrementar el conocimiento y la capacidad de gestión, así como poner en práctica políticas sustentables para el desarrollo de la agricultura bajo sistemas de innovación para productores y con rumbo a la solución de problemas en las diferentes regiones del país. Si se alcanza la innovación en la agricultura bajo estos paquetes tecnológicos, se tendrá una agricultura más productiva, menos vulnerable ante la inestabilidad climática y en consecuencia generadora de empleos y mejores ingresos para los productores del campo.

Uno de los objetivos de estas instituciones es impartir cursos de capacitación, donde se pretende implementar nuevas tecnologías o nuevos paquetes tecnológicos en la

producción de hongos comestibles, en especial el cultivo de *P. levis* y *L. edodes*, ya que cuenta con las herramientas necesarias para que nos ayuden a capacitar en el cuidado, la sustentabilidad que da este respaldo económico a los productores de hongos comestibles y esta actividad repunte como lo ha venido haciendo los últimos años que viene posicionándose a nivel nacional y en Puebla por supuesto, ya que cuenta con zonas cañeras donde se puede obtener el sustrato bagazo de caña de azúcar.

12.2.3. Organizaciones

Las organizaciones campesinas, también llamadas organizaciones locales, comunitarias, rurales o populares son agrupaciones de base, formales o informales, voluntarias, democráticas, cuyo fin primario es promover los objetivos económicos o sociales de sus miembros. Independientemente de su situación jurídica o grado de formalización se caracterizan por ser grupos de personas que tienen por lo menos un objetivo común. Actúan conjuntamente ante las autoridades locales asociadas a la idea del desarrollo “de abajo hacia arriba” y constituyen mecanismos para la obtención de créditos, insumos, capacitación y otros servicios promoviendo el bienestar de sus miembros.

Los pequeños agricultores, trabajadores rurales, campesinos sin tierra, y otros grupos desventajados de la población rural no tienen poder de negociación suficiente para lograr que sus pedidos sean atendidos. De ahí la importancia de agruparse y aunar esfuerzos para formular ante las autoridades demandas que representen los intereses de la totalidad de sus miembros.

Las instancias gubernamentales, para obtener mejores resultados en la aplicación de las innovaciones, es necesaria la organización de campesinos y obreros interesados en el aprendizaje de nuevos productos o la producción de nuevos organismos (Innovación), en este caso el cultivo de hongos comestibles, todo esto con la finalidad de hacer más eficiente los recursos, el trabajo y la comercialización de los productos, por lo que para implementar la producción de los hongos *L. edodes* y *P. levis*, es necesario dirigirse a las organizaciones las cuales nos den una mejor expansión de las tecnologías

aplicadas. Necesariamente estas organizaciones deben estar en las regiones donde se produce este residuo, para no incrementar los gastos de traslado del sustrato y así incrementar los costos de producción. Otra de las ventajas de las organizaciones, aparte de la negociación ante las instancias gubernamentales, es que las organizaciones campesinas se podrían dividir el trabajo en la producción de hongos comestibles, procesamiento, venta, etc.

Desde el punto de vista de la presencia de organización de productores formalmente constituidas que podrían facilitar los procesos de transferencia y adopción de la biotecnología de producción de hongos comestibles a nivel rural, el país cuenta con un buen número de organizaciones (6,037) registradas de manera formal, principalmente aquellas de primer nivel denominadas Sociedades de Producción Rural (99.2%). En menor número (0.8%) se encuentran agrupaciones mayores (de segundo nivel) como las Uniones de Sociedades de Producción Rural (Martínez-Carrera y Nava 2003).

12.2.4. Producción

En la producción se cuenta con los paquetes tecnológicos de *L. edodes* y *P. levis*, usando aserrín de encino y bagazo de caña de azúcar. El bagazo de la caña de azúcar es un subproducto generado por la actividad agroindustrial en México, potencialmente utilizable para la producción rural de hongos comestibles. La mayor producción de este subproducto (72.7% del bagazo) se concentra en la región sureste del país y en la parte sur de Puebla, elevando así su potencial para la producción rural de hongos comestibles a partir de dicho subproducto. Por otro lado, la actividad forestal en México entendida como la extracción y elaboración de productos madereros, genera subproductos (aserrín, virutas, ripios, etc.) potencialmente utilizables para la producción rural de algunas especies de hongos como el *shii-take* (Martínez-Carrera y Nava 2003). Por otro, lado en la obtención de hongos comestibles, se debe contar con un nivel de calidad aceptable al mercado, por lo que se debe tomar en cuenta la evaluación exterior e interior del edificio (el túnel), equipos, mesas y utensilios, controles de procesos, almacenamiento, instalación de personal, agua, manejo de residuos sólidos, control de

plagas y transporte al igual que la calidad de los hongos (frescura, libre de contaminantes entre otros).

Dentro de las normas para los productos de hongos comestibles, se encuentran aquellas con la producción de hortalizas siendo la Norma CEPE/ONU FFV-24 (Ginebra) así como su posterior adopción como Norma Común de Calidad (Bruselas). En el marco de la Comisión Europea el tema se trata en la DG VI por el grupo de Expertos Gubernamentales para la Normalización y el Control de Calidad Comercial de Frutas y Hortalizas. En el marco CEPE/ONU (Comisión Económica para Europa en el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas) el tema se trata por el Grupo de Expertos GEI de Normalización de Frutas y Hortalizas frescas en el control de calidad y con fines de exportación.

12.2.5. Análisis de mercado

En la estrategia debe presentarse un análisis de mercado de hongos comestibles para una mejor venta del producto y una mejor obtención de recursos económicos. Por una parte se buscará la venta a consumidores de manera directa, aunque en su mayoría se realizara mediante el apoyo de intermediarios, los cuales son denominados “canales de mercadeo” o de “distribución”; éstos son conjuntos de organizaciones interdependientes que participan en el proceso de hacer accesible un producto o servicio para su uso o consumo en el momento preciso, en el lugar adecuado. Los miembros del canal de marketing realizan diversas funciones como reunir información acerca de los clientes y competidores reales y potenciales, asumiendo riesgos relacionados con el trabajo del canal de la comercialización, se encargan del almacenamiento y movimiento sucesivo de productos físicos, entre otros. Algunos intermediarios son los mayoristas, los minoristas y los procesadores, entre otros (Kotler, 2001; Kohls y Uhl, 2002).

En este caso los hongos comestibles se colocaran como otros productos en cadena de producción o cadena “abastecedora” (“supply chain”), el cual sugiere un proceso lineal de comercialización de los productos agrícolas, que inicia con la extracción de materiales, los cuales se transforman en un producto específico, pasan a través de diferentes

canales hasta convertirlos en productos terminados, y son trasladados a manos del consumidor final. La cadena tradicional de producción, manufactura productos y los “empuja” a través de canales de comercialización, esperando que alguien los adquiera. Este mecanismo opera en base a las relaciones entre productor y comercializadores, donde los insumos y el producto, fluyen lentamente y en forma secuencial a través de cada uno de los agentes que la integran (Bovet y Martha, 2000). Los mismos autores han desarrollado un enfoque alternativo centrado en el consumidor, denominado “redes de valor” el cual constituye una crítica a la forma tradicional de ver el proceso de comercialización de productos agropecuarios (como una gama de actividades secuenciales consistentes en “producir y vender un producto”) y empezar a analizarlas con una orientación hacia el exterior. El concepto de valor tiene sus raíces en muchas disciplinas como la psicología, la psicología social, la economía, la administración y mercadotecnia; surgió aproximadamente en 1980 (Hingley y Lindgreen, 2002). El enfoque de 1980 se ha complementado con el de valor “relacional” o de “mercadotecnia relacional”. Según los autores citados, sostienen que por mucho tiempo la literatura de canales de mercadeo se caracterizó por la interacción entre los actores de la cadena de comercialización bajo una óptica de intercambios transaccionales en términos de poder, conflicto y control. Bajo el enfoque de intercambios “relacionales”, la interacción se da entre actores utilizando términos como confianza, compromiso y cooperación. Con toda esta metodología estratégica, se obtendrán recursos económicos los cuales proporcionarán sostén a las organizaciones, así como a las sociedades con la creación de empleos a corto plazo y mejorando la calidad de vida de los habitantes de las regiones cañeras.

13. LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. A., 2001. La biotecnología de producción de hongos comestibles: alternativa para el desarrollo agrícola rural en México, Tesis Doctoral, Estrategias para el desarrollo agrícola regional, Colegio de Postgraduados, Puebla, México.
- Akavia, E., A. Beharav, S. P. Wasser, E. Nevo, 2009. Disposal of agro-industrial by-products by organic cultivation of the culinary and medicinal mushroom *Hypsizygos marmoreus*. *Waste Management* 29: 1622-16627.
- Alberts, A. W. 1988. Discovery, biochemistry and biology of Lovastatin. *The American Journal of Cardiology* 62: 10-15.
- Albuquerque, P. M., F. Koch, T. G. Trossini, E. Esposito, J. L. Ninow, 2006. Production of *Rhizopus oligosporus* protein by solid state fermentation of apple pomace. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49: 91-100.
- Amaya-Delgado, L., J. Vega-Estrada, L. B. Flores-Cotera, L. Dendooven, M. E. Hidalgo-Lara, M.C. Montes-Horcasitas, 2006. Induction of xylanases by sugar cane bagasse at different cell densities of *Cellulomonas flavigena*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 70 (4): 477-481.
- Ancona, M. L., S. Medina, G. Cetz, 2005. Preferencia en el consumo de *Pleurotus djamor* en Baca, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Micología* 20: 39-44.
- Aoki, T., 1984. Lentinan. In: Fenichel RL, Chirgis MA (eds). Immune modulation agents and their mechanisms. *Immunology Studies* 25: 62-77.
- Arias, G. G., C. Gutiérrez, C. A. Ospina, 2008. Propuesta del cultivo de hongo *Pleurotus* y *Lentinula edodes* a partir de la biomasa del café en las fincas cafeteras de Manizales para el fortalecimiento de los programas de desarrollo alternativo. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* 6: 35-67.
- Ashok, P., C. R. Soccol, P. Nigam, V. Soccol, 2000. Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugar cane. *Bioresource Technology* 74(1): 69-80.
- Bernabé-Gonzalez, T., M. Cayetano-Catarino, A. Adán-Díaz, M. A. Torres-Pastrana, 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero. *Revista Mexicana de Micología* 18: 77-80.
- Bobek, P., Ozdin L, Kajabal. 1997. Dose-dependent hypocholesterolaemic effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in rats. *Physiological Research* 46(4): 327-9.
- Bocchini, D. A., O. M. M. Oliveira, E. Gomes, R. Da Silva, 2005. Use of sugarcane bagasse and grass hidrolysates as carbon sources for xylanase production by *Bacillus cirulans* D1 in submerged fermentation. *Process Biochemistry* 40: 3653-3659.
- Bonilla, M., 2006. Innovación tecnológica para controlar el "moho verde" (*Trichoderma* spp.) durante el cultivo de hongos comestibles en la región central de México, Tesis de maestría, Estrategias para el desarrollo agrícola regional, Colegio de Postgraduados, Puebla, México.
- Bovet, D., Martha, J. 2000. *Value Nets*, Wiley, New York, NY.
- Box, J. D., 1983. Investigation of the Folin Ciocalteu's reagent for determination of polyphenolic substances in natural waters. *Water Research* 17: 501-525.

- Brand, D., Roussos S., Zilioli C. P., Osishi B. O., Pohl J., Soccol C. R., 2006. Low-cost substrate for spore production of nematophagous fungi. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49: 77-84.
- Bull, A. T., A. C. Ward, M. Goodfellow. 2000. Search and discovery strategies for biotechnology: the paradigm shift. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 64: 573-606.
- Buswell, J.A., Y.J. Cai, S.T. Chang, J.F. Peberdy, S. Y. Fu, H.-S. Yu, 1996. Lignocellulolytic enzyme profiles of edible mushroom fungi. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 12: 537-542.
- Cardona, U. L. F., 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Cronicas Forestales y del Medio Ambiente* 16: 99-119.
- Chang, S.T., 1996. Mushroom research and development-equality and mutual benefit. In: Royse, D.J. (ed.), *Mushroom Biology and Mushroom Products*. Penn State University, Park, PA.
- Chang, S. T. 1999. Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21st Century: Nongreen revolution. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1: 1-7.
- Chang, S. T., P. G. Miles. 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, environmental impact*. CRC Press, Boca Raton. 451 pp.
- Chávez, R., P. Bull, J. Eyzaguirre, 2006. The xylanolytic enzyme system from the genus *Penicillium*. *Journal of Biotechnology* 123(4): 413-433.
- Chihara, G., 1981. The antitumor polysaccharide Lentinan: an overview. In: Aoki T. (eds). Manipulation of host defense mechanisms. *Excerpta Medica International Congress Ser* 576, Elsevier, Amsterdam.
- Chihara, G., Y. Maeda, J. Hamuro, T. Sasaki, F. Fumiko. 1969. Inhibition of mouse sarcoma 180 by polysaccharides from *Lentinus edodes*. *Nature* 222: 687-688.
- Chihara, G., J. Hamuro, Y. Y. Maeda, Y. Arai, F. Fukuoka, 1970. Fractionation and purification of the polysaccharides with marked antitumor activity, especially Lentinan, from *Lentinus edodes* (Berk) Sing. (an edible mushroom) *Cancer Research* 30: 2776-2781.
- Christen, P., F. Doménech, G. Michelena, R. Auria, S. Reyah, 2002. Biofiltration of volatile ethanol using sugar cane bagasse inoculated with *Candida utilis*. *Journal of Hazardous Materials* 89 (2-3): 253-265.
- Ciappini, M. C., B. Gatti, M. L. López, 2004. *Pleurotus ostreatus*, una opción en el menú. Estudios sobre las gírgolas en la dieta diaria. *Invenio* 7: 127-132.
- COAAZUCAR, 2004. Consulta de resultados de zafra 2003-2004. Comité de la agroindustria azucarera, México, DF. [cita:10-dic-04]. <http://www.sagarpa.gob.mx/Coaazucar/>
- Cuarón, L., S. Shimada, 1981. Manipulación de la fermentación en ensilaje de caña de azúcar y su valor alimenticio para corderos. 2. Adición de monosin sódico al suplemento y tratamiento físico y alcalino (NaOH) de la caña de azúcar en el comportamiento animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 15: 177-186.
- Danay, O., I. Oleinik, D. Levaron, 2000. The effect of light on catalase activity in *Pleurotus* morphogenesis. *Science and Cultivation of edible fungi*: 95-99.
- El-Mansi, E. M. T., C. F. A. Bryce, A. L. Memain, A. R. Allman, 2007. *Fermentation microbiology and biotechnology*, Taylor Francis, Boca Raton London, New York.

- Ellsbury, M. M., S. A., Clay, S. J. Fleischer, L. D. Chandler, S. M. Schneider, 2000. Geographical Information Systems and Global Positioning Systems: Use of GIS/GPS Systems in IPM: Progress and Reality. In: *Emerging Technologies for Integrated Pest Management: Concepts, Research, and Implementation*. Section 6. Goerge G. Kennedy and Turner B. Sutton, Eds. Raleigh, North Carolina, USA. 526 p.
- Esteva, G., 1992. Desarrollo. En Wolfgang Sachs. *Diccionario del desarrollo, una guía del conocimiento como poder*. Zend Books Ltd, New Jersey, USA. 65-92.
- Fernández, U. M., M Del Mar E., 2010. Productividad y eficiencia biológica de dos especies comerciales de hongos comestibles *Pleurotus* sp. en diferentes sustratos lignocelulósicos. *Agrodocs*, Universidad Nacional de Colombia.
- Figueroa, V., 1996. *Producción porcina con cultivos tropicales y reciclajes de nutrientes*. CIPAV. 7-132.
- Fuster, P. J. P., 2008. La planeación estratégica: una propuesta metodológica para gestionar el cambio en políticas de innovación educativa. *Revista Iberoamericana de Educación* 46: 1-11.
- Galván, M. F., 2007. *Diccionario ambiental y asignaturas afines*, Ediciones mundi-prensa, México.
- García, A. O., 2006. *Manual para la Producción y Comercialización de Hongos Comestibles*, Argentina. Pp 124.
- García-Espinoza, M., 1984. *Manual de campo en caña de azúcar*. Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar (IMPA). México.
- Garzón, J. P., J. L. Cuervo, 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Nova* 6: 126-140.
- Gonçalves, A. R., E. Esposito, P. Benar, 1998. Evaluation of *Panus tigrinus* in the delignification of sugar cane bagasse by FTIR-PCA and pulp properties. *Journal of Biotechnology* 66 (2-3): 177-185.
- Grodzinskaya, A. A., D. Infante H., N. M. Piven, 2002. Cultivo de hongos comestibles utilizando desechos agrícolas e industriales. *Agronomía Tropical* 52(4): 427-447.
- Gutierrez-Correa, M., L. Portal, P. Moreno, R. L. Tengerdy, 1999. Mixed culture solid substrate fermentation of *Trichoderma reesei* with *Aspergillus niger* on sugar cane bagasse. *Bioresource Technology* 68(2): 173-178.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmenes, C. Soto-Velazco, L. Guzmán-Dávalos, 1993. *El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales*. I. P. N. México, D. F., 245 p.
- Guzmán-Dávalos L., C. Soto. D. Martínez-Carrera, 1987. El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Pleurotus* en México. *Revista Mexicana de Micología* 3: 79-82.
- Hamuro, J., Chihara G, 1985. Lentinan a T-cell oriented immunopotentiator: its experimental and clinical applications and possible mechanism of immune modulation. In: Fenichel RL, Chirigos MA (eds) *Inmunomodulation agents and their mechanisms*. Dekker, New York, pp 409-436.
- Heck, J. X., S. H. Flores, P. F. Hertz, M. A. Záchia, 2006. Statistical optimization of thermo-tolerant xylanase activity from Amazon isolated *Bacillus circulans* on solid-state cultivation. *Bioresource Technology* 97 (15): 1902-1906.

- Hidalgo-Lara, M. E., G. S. A. Farres, M. D. Montes-Horcasitas, 2005. Beta-methyl-xyloside: positive effect on xylanase induction in *Cellulomonas flavigena*. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 32 (8): 345-348.
- Horcasitas, C. M., J. O. López, I. M. Plaza, 1998. Xylanases from *Cellulomonas*: purification and characterization. *Biotechnology Techniques* 12(9):663-666
- Humbert, R. P., 1974. *El cultivo de la caña de azúcar*. Compañía Editorial Continental, S.A., México.
- Isikhuemben, O., F. Nerud, 1999. Preliminary studies on the ligninolytic enzymes produced by the tropical fungus *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Sing., *Antonie van Leeuwenhoek* 75: 257-268.
- Jeannette, M. I., C. Chegwin A., 2010. Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología* 12: 169-178.
- Kabir, Y. M., S. Kimura, 1989. Effect of shiitake (*Lentinus edodes*) and maitake (*Grifola frondosa*) mushrooms on blood pressure and plasma lipids of spontaneously hypertensive rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 33: 341-346.
- Kansoh, L. A., S. A. Essam, A N. Zeina, 1999. Biodegradation and utilization of bagasse with *Trichoderma reesie*. *Polymer Degradation and stability* 63 (2): 273-278.
- Kidd, P. M., 2000. The use of mushroom glucans and proteoglycans in cancer treatment. *Alternative Medicine Review* 5(1): 4-27.
- Kim, S., Holtzaple M. T., 2005. Lime pre-treatment and enzymatic hydrolysis of corn stover. *Bioresource Technology* 96: 1994-2006.
- Kohls, R. L., J.N. Uhl, 2002. *Marketing of Agricultural Products*. 9th Edition, MacMillan Publishing, New York, NY.
- Kurtzman, J. R., F. Zadrazil, 1982. Physiological and taxonomic considerations for cultivation of *Pleurotus* mushrooms. In: Chang, S.T.; Quimio, T.H. *Tropical mushrooms: biological nature and cultivation methods*. The Chinese University Press, Hong Kong, 493p.
- Leal, L. H., 1985 a. El cultivo del champiñón y otros macromycetos comestibles. *En: De la Torre, M. Compilador Fundación Javier Barrios Sierra A. C.. Conacyt, México*.
- Leal, L. H., 1985 b. La utilización microbiológica de desperdicios lignocelulosicos. Potencialidades y perspectivas. En Quírate R. R., Compilador. *Perspectiva de la biotecnología en México*, Fundación Javier Barros Sierra, a.c. CONACYT: 93-114.
- Leisola, M., R. Waldher. Production, characterization and mechanism of lignin peroxidases. Institut für Biotechnologie, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich, Switzerland: 37-42.
- Lelley, J., 1987. Edible mushrooms as a weapon against starvation. *Mushroom Journal Tropics* 7:135-140.
- López, R., A., 2006. *Cultivo de setas, Guía ilustrada, Alternativas alimenticias de la economía familiar*. "Programa nacional de promoción de cultivo de los hongos comestibles".
- Lucas, R., A. M. Robles, A. Gálvez, T. García, R. Pérez, G. Álvarez, 2001. *Biodegradación de la celulosa y la lignina*. Universidad de Jaén 148 p.
- Machado, K. M. G., D. R. Martheus, R. T. R. Monteiro, V. L. R. Bononi, 2005. Biodegradation of pentachlorophenol by tropical basidiomycetes in soils contaminated with industrial residues. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 21 (3): 297-301.

- Manonmani, H. K., K. R. Sreekantiah, 1987. Saccharification of sugar-cane bagasse with enzymes from *Aspergillus ustus* and *Trichoderma viride*. *Enzyme and Microbial Technology* 9 (8): 484-488.
- Manzano, A. M., T. Len, J. Argüelles, M. Ramos-Leal, R. Chinea, G. Guerra, G. Casado, M. I. Sánchez, B. Gómez, 2004. Hongos de la podredumbre blanca con capacidad ligninolítica y acción decolorante sobre el violeta cristal. *Revista Biológica* 18: 123-128.
- Márquez-Araque, A. T., G. D. Mendoza, S. S. Gonzalez, S. E. Buntinx, O. Loera, 2007. Actividad fibrolítica de enzimas producidas por *Trametes* sp. EUM1, *Pleurotus ostreatus* IE8 y *Aspergillus niger* AD96.4 en fermentación sólida. *Interciencia* 32: 780-785.
- Martínez-Carrera, D., 1987. Design of a mushroom farm for growing *Pleurotus* on coffee pulp. *Mushroom Journal Tropics* 7: 13-23.
- Martínez-Carrera, D., 1989. Simple technology to cultivate *Pleurotus* on coffee pulp in the tropics. *Mushroom science* 12(II): 169-178.
- Martínez-Carrera, D., 2000. Mushroom biotechnology in Tropical America. *The International Journal of Mushroom Sciences*: 3 (1): 9-20.
- Martínez Carrera, D., 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micología Aplicada Internacional* 14: 61-74.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. *Ciencia y Desarrollo* 16 (95): 53-64.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, M. Aliphat, A. Aguilar, M. Bonilla, W. Martínez, 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. *II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria*. México. CONACYT, México, DF., 193-207.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, P. Morales, M. Sobal, W. Martínez, A. Aguilar. 1993. Los hongos comestibles en México: Biotecnología de su reproducción. *Ciencia y Desarrollo* 108: 41-49.
- Martínez-Carrera, D., M. Sobal, P. Morales, W. Martínez, A. Aguilar, A. Larqué-Saavedra. 1995. Edible mushroom cultivation and sustainable agriculture in México. *African Journal of Mycology and Biotechnology* 3(1): 13-18.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, 1988. Cultivo de diversas cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café y paja de cebada. *Revista Mexicana de Micología* 4: 153-160.
- Martínez-Carrera, D., M. Quirarte, C. Soto, D. Salmenes, G. Guzmán, 1984. Perspectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agro-industriales en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19: 207-219.
- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal, A. Larque-Saavedra, 1991. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* 96: 33-43.
- Martínez-Carrera, D., N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales, V. M. Mora, 2010. *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. (Eds.) Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMCUAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. 648 pp.
- Mata, G., D. Salmenes, 2003. Edible mushroom cultivation at the Institute of Ecology in Mexico. *Micología Aplicada Internacional* 15: 23-29.

- Mata, G., R. Gaitán-Hernández, 1995. Cultivo de *Pleurotus* en hoja de caña de azúcar. *Revista Mexicana de Micología* 11: 17-22.
- Mendaza, R., G. Díaz, 1981. *Las setas*. Bilbao, España. Editorial Vizcaina. 389p.
- Meza, J. C., A. Lomascolo, L. Casalot, J-C. Sgoillot, R. Auria, 2005. Laccase production by *Pycnoporus cinnabarius* grown on sugar-cane bagasse: Influence of ethanol vapours as inducer. *Process Biochemistry* 40(10): 3365-3371.
- Meza, J. C., J. C. Sigoillot, A. Lomascolo, D. Navarro, R. Auria, 2006. New process for fungal delignification of sugar-cane bagasse and simultaneous production of laccase in a vapour phase bioreactor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31:54 (11): 3852-8.
- Milagres, A. M. F., E. Santos, I. Piovan, I. C. Roberto, 2004. Production of xylanase by *Thermoascus aurantiacus* from sugar cane bagasse in an aerated growth fermentor. *Process Biochemistry* 39(11): 1387-1391.
- Mintzberg, H., J. Brian, (1993). *El proceso estratégico. Conceptos, contextos y casos*. México: Prentice Hall.
- Mizuno, T., 2002. Medicinal properties and clinical effects on *Agaricus blazei* Murr. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 4: 223-230.
- Moda, E.M, J. Horii, F.H. M. Spoto, 2005. Edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* production on washed and supplemented sugarcane bagasse. *Scientia Agricola*. 62: 127-132.
- Moonmoon, M., Md. N. Uddin, S. Ahmed, N. J. Shelly, M. A. Khan, 2010. Cultivation of different strains of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on saw dust and rice straw in Bangladesh. *Saudi Journal of Biological Sciences* 17: 341-345.
- Moncaio, M. E., J. Horii; M. H. Fillet S., 2005. Edible mushroom *Pleurotus sajor.caju* production on washed and supplemented sugarcane bagasse. *Scientia Agricola*. 62: 127-132.
- Moreno-Fuentes, A., E. Bautista-Nava, 2006. El "hongo blanco paton", *Pleurotus albidus*, en Hidalgo. Su primer registro en México. *Revista Mexicana de Micología* 22: 41-47.
- Mukherjee, R., B. Nandi, 2004. Improvement of *in vitro* digestibility through biological treatment of water hyacinth biomass by two *Pleurotus* species. *International Biodeterioration & Biodegradation* 53 (1): 7-12.
- Muller, S., 1996. ¿Cómo medir la sostenibilidad?: Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. *GTZ/Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (ICCA), Costa Rica*.
- Muñoz, R. J., 2005. La interacción *Gluconacetobacter diazotrophicus*-caña de azúcar como modelo para el estudio de la transmisión de bacterias beneficiosas. *Elementos* 57: 57-62.
- Murrieta, H. D. M., G. Mata, L.G. Iglesias, 2002. Cambios en la producción de lacasa por el hongo *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. cultivado en pulpa de café en confrontación con *Trichoderma viride* Pers., un moho contaminante, *Foresta Veracruzana* 4: 47-52.
- Mussatto, S. I., G. Dragone, I. C. Roberto, 2005. Influence of the toxic compounds present in brewer's spent grain hemicellulosic hydrolysate on xylose-to-xylitol bioconversion by *Candida guilliermondii*. *Process Biochemistry* 40 (12): 3801-3806.
- Ngai, P. H., T. B. Ng, 2003. Lentin, a novel and potent antifungal protein from shitake mushroom with inhibitory effects on activity of human immunodeficiency virus-1 reverse transcriptase and proliferation of leukemia cells. *Life Sciences* 73(26): 3363-3374.

- Nam-Seok, C., E. Malarczyk, G. Nowak, M. Nowak, J. Kochmanska, 2002. Changes in phenol oxidases and superoxide dismutase during fruit-body formation of *Pleurotus* on sawdust culture. *Mycoscience*, 43: 267-270.
- Noa, H. 1982. La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar, *GEPLACEA*, México.
- Oei, P., 2003. Mushroom cultivation, appropriate technology for mushroom growers. Backhugs Publishers, Leiden. The Netherlands.
- Oliveira, L. A., Porto A. L. F., Tambourgi E. B., 2006. Production of xylanase and protease by *Penicillium janthinellum* CRC 87M-115 from different agricultural wastes. *Bioresource Technology* 97 (6): 862-867.
- Pacioni G., 1990. Cultivo Moderno del Champiñón. Editorial De Vecchi S.A. Barcelona España.
- Patel, M. A., M. S. Ou, L. O. Ingram, K. T. Shanmugam, 2005. Simultaneous saccharification and co-fermentation of crystalline cellulose and sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate to lactate by a thermotolerant acidophilic *Bacillus* sp. *Biotechnology Progress* 21 (5): 1453-1460.
- Pérez, M. R., G. Mata, 2002. Selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) Kumm. y *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. y la factibilidad de reutilizar la madera de *Pinus* spp. para su cultivo. *Foresta Veracruzana* 4: 31-34.
- Pérez-Valdivia, M., 2006. Política Cubana de Recuperación de todo Tipo de Desperdicios y Subproductos para la Producción Porcina y Saneamiento Ambiental. Instituto de Investigaciones Porcinas, Ciudad de la Habana, Cuba. <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/APH134/cap10.htm>
- Pessôa, A., 2006. Caña de Azúcar <http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/espanhol/economia/agric/producao/cana/apresent.htm>.
- Philippoussis, A., P. Diamantopoulou, C. Israilides, 2007. Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 59: 216-219.
- Querino, D. M. R., S. Carneiro, M. J. Correia, 2004. Evaluation of antitumoral activity of a fraction of water-soluble components of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus-roseus*. *Acta Farmacéutica Bonaerense* 23: 165-168.
- Rodríguez, G., 2007. Cultivo de hongos comestibles. *Fruticultura y Diversificación*. No. 52.
- Romero, J.; M. Rodríguez, R. Perez, 2000. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología del cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuatro caminos. Ciudad de Cienfuegos. Cuba. 16.
- Royse, D.J. 1997. Specialty mushrooms and their cultivation. *Horticultural Reviews* 19: 59-97.
- Royse, D., J. E. Sánchez-Vazquez, 2001. Influence of substrate wood-chip particle size on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology* 76: 229-233.
- SAGARPA, 2005. Decreto que abroga el diverso por el que se declara de interés público la siembra, cultivo, cosecha y la industrialización de la caña de azúcar, publicado el 31 de mayo de 1991, así como el decreto que reforma el diverso por el que se declaran de interés público la siembra, cultivo, cosecha y la industrialización de la caña de azúcar, publicado el 27 de julio de 1993. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,

Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación. 14 de enero de 2005. Primera Sección. p. 8.

- Salgado, G., S., L. Bucio A., D. L. C. Riestra, E. Lagunas, 2003. *Caña de Azúcar: Hacia un Manejo Sustentable*. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco. 394 p.
- Salmones, D., L. Mestizo Valdez R. Gaitán-Hernández, 2004. Entrecruzamientos y evaluación de la producción de las variedades de *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn. *Revista Mexicana de Micología* 18:21-26.
- Salmones, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez, G. Guzmán, 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus*. VIII, Interacción entre crecimientos miceliales y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología*. 14: 173-176.
- Sánchez, A., M. Esqueda, R. Gaitán-Hernández, A. Córdova, M. L. Coronado, 2008. Uso potencial del rastrojo de tomate como sustrato para el cultivo de *Pleurotus* spp. *Revista Mexicana de Micología* 28: 17-24.
- Sánchez-Fuentes, M., 1997. *Desarrollo de la producción de caña de azúcar en la república mexicana*. Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas 143 pp.
- Sánchez, J. E., Royse D., 2001. *La biología y el cultivo de Pleurotus* spp. ECOSUR, México.
- Sandrim, V. C., A. C. S. Rizzatti, H. F. Ternzi, J. A. Jorge, A. M. F. Milagres, M. L. T. Polizeli, 2005. Purification and biochemical characterization of two xylanases produced by *Aspergillus caespitosus* and their potential for kraft pulp bleaching. *Process Biochemistry* 40 (5): 1823- 1828.
- Savoie, J. -M., G. Mata, 1999. The antagonistic action of *Trichoderma* sp. hyphae to *Lentinula edodes* hyphae changes lignocellulolytic activities during cultivation in wheat straw. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 15: 369-373.
- Secretaría de Economía, 2004. Determinación del precio de referencia del azúcar para el pago de la caña de azúcar durante la zafra 2003/2004. Diario Oficial de la Federación. 2 de febrero de 2004. Primera Sección. Artículo Único. p. 2.
- Shen, Q., P. Liu, X. Wang, D. Royse, 2008. Effects of substrate moisture content, log weight and filter porosity on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology* 99: 8212-8216.
- Sihuanca, M. D., 2006. Obtención y caracterización de cepas silvestres del género *Pleurotus* como método de conservación de un recurso natural en Atlixco, Puebla. Tesis. Instituto de ciencias de la Benemerita Universidad Autónoma de Puebla.
- Singh, M. P., 2000. Biodegradation of lignocellulosic wastes through cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. *Science and Cultivation* 2: 517-521.
- Sobal, M., P. Morales, M. Bonilla, G. Huerta, D. Martínez-Carrera, 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1, 14 pp. In: Sánchez, J. E., D. Martínez-Carrera, G. Mata, H. Leal (Eds). El cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7.
- Soto-Velazco, C., L. Guzmán-Dávalos, C. Téllez, 1991. Substrates for cultivation of *Pleurotus* in Mexico, II, sugarcane bagasse and corn stover. *Mushroom Journal tropics* 11: 34-37.
- Stamets, P. 2000. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Third Ed. Ten Speed Pres, 574 p.

- Stamets, P., J. S. Chilton. 1983. *The Mushroom Cultivator*. Washington. Ed. Agarikon Press Olimpia. 415 p.
- Stamets, P. y J.S. Chilton, 1987. *The mushroom cultivator*. Washington. Ed. Agarikon Press Olimpia. 122 p.
- Steineck H., (1987) Cultivo comercial del Champiñón. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
- Szklarz, G., R.K. antibus, R.L. Sinsabaugh, A.E. Linkins, 1989. Production of phenol oxidases and peroxidases by wood-rotting fungi. *Mycología* 81 (2): 234-240.
- Toledo, M. J. A., 1993. *Plagas, enfermedades y maleza de la Caña de Azúcar*. Serie Protección Vegetal No. 1. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. Pp 22.
- Trigos, A., J. Suárez-Medellín, 2010. Los hongos como alimentos funcionales y complementos alimenticios. *En: Martínez-Carrera D., N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales, V. M. Mora: Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica, Avances y perspectivas en el siglo XXI. Colegio de Postgraduados, México. 58-76.*
- Trigos A, D. Martínez-Carrera, R. Hernández, M. Sobal, 1997. Ergosterol content in fruit bodies of *Pleurotus* is variable. *Micología Aplicada Internacional* 10: 93-6.
- Tschierpe, H. I., K. Hartman, 1977. A comparison of different growing methods. *Mushrooms Journal* 60: 404-416.
- Varnero, M. T., M. S. Quiroz, C. H. Álvarez, 2010. Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información Tecnológica* 2: 13-20.
- Villegas, E. V., A. Milena, C. Arredondo, 2007. Evaluación de la producción del hongo *Lentinula edodes* Pegler en bloques sintéticos a base de residuos agroindustriales. *Ingeniería y Ciencia* 3: 23-39
- Wasser, S. P., A. L. Weis, 1999. Medicinal properties of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: current perspectives. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1(1): 31-62.
- Wen, Z. Y., W. Liao, S. L. Chen, 2005. Production of cellulase/beta-glucosidase by the mixed fungi culture *Trichoderma reesei* and *Aspergillus phoenicis* on dairy manure. *Process Biochemistry* 40 (9): 3087-3094.
- Yoshino, S., T. Tabata, S. Hazama, N. Iizuka, K. Yamamoto, M. Hirayama, A. Tangoku, M. Oka. 2000. Immunoregulatory effects of the anti-tumour polysaccharide lentinan on Th1/Th2 balance in patients with digestive cancers. *Anticancer Research*. 20: 4707-11.
- Zervakis, G., A. Phlippoussis, S. Ioannidou, P. Diamantopoulou, 2001. Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. *Folia Microbiologica* 46: 231-234.

13. ANEXOS

Anexo A. Características de los sustratos empleados en este trabajo de investigación.

Condición	NR	Agua (ml)	pH	Tº	Peso de ch.	Peso fresco	Peso s.+ch.	Peso seco	% de humedad
Encino									
No estéril	1	110	5.03	22.7	2.59	21.59	9.08	6.49	69.89
No estéril	2	110	5.02	22.5	2.70	20.72	8.96	6.25	69.81
No estéril	3	110	5.05	22.5	2.68	20.52	8.86	6.18	69.86
No estéril	4	110	5.02	22.6	2.68	21.37	9.18	6.50	69.58
Promedio			5.03	22.57	2.66	21.05	9.02	6.36	69.78
Estéril	1	110	4.93	23.6	3.68	10.15	6.82	3.14	68.98
Estéril	2	110	4.86	23.5	3.68	10.64	6.96	3.28	69.14
Estéril	3	110	4.95	23.2	3.62	10.88	7.00	3.37	68.99
Estéril	4	110	4.94	23.5	3.68	10.63	6.97	3.29	69.06
Promedio			4.92	23.45	3.67	10.58	6.94	3.27	69.04
Bursera No estéril									
No estéril	1	110	5.14	22.5	3.66	8.57	6.36	2.70	68.46
No estéril	2	110	5.11	22.4	3.63	7.93	6.16	2.524	68.17
No estéril	3	110	5.16	22.3	3.70	9.09	6.58	2.87	68.38
No estéril	4	110	5.22	22.3	3.69	7.67	6.08	2.38	69.00
Promedio			5.15	22.37	3.67	8.32	6.29	2.62	68.50
Estéril	1	110	4.77	23.4	3.69	10.53	7.10	3.40	67.65
Estéril	2	110	4.73	23.3	3.75	10.97	7.28	3.53	67.76
Estéril	3	110	4.83	23.4	3.73	10.17	6.97	3.24	68.07
Estéril	4	110	4.79	23.1	3.63	10.04	6.83	3.2	68.15
Promedio			4.78	23.3	3.70	10.43	7.05	3.34	67.91
Bagazo									
No estéril	1	120	3.65	22.2	3.75	7.57	7.00	3.25	57.07
No estéril	2	120	3.3	22.2	3.66	5.34	6.01	2.34	56.13
No estéril	3	120	3.45	22.1	3.71	5.55	5.92	2.21	60.20
No estéril	4	120	3.47	22.2	3.69	6.64	6.54	2.84	57.17
Promedio			3.46	22.17	3.71	6.27	6.37	2.66	57.64
Estéril	1	120	3.17	24.5	3.74	10.77	8.31	4.56	57.59
Estéril	2	120	3.22	24.4	3.54	10.88	8.07	4.52	58.38
Estéril	3	120	3.35	24.4	3.73	10.65	8.13	4.40	58.63
Estéril	4	120	3.21	24.3	3.71	11.60	8.65	4.94	57.41

Promedio			3.23	24.4	3.68	10.97	8.29	4.61	58.01
Olote									
No estéril	1	100	6.94	22	3.66	12.98	8.87	5.20	59.91
No estéril	2	100	7.08	22	3.78	11.06	8.23	4.44	59.80
No estéril	3	100	7.15	22	3.69	10.80	7.90	4.20	61.09
No estéril	4	100	7.15	21.9	3.62	11.24	8.17	4.54	59.56
Promedio			7.08	21.9	3.69	11.52	8.29	4.60	60.09
Estéril	1	100	5.3	23.3	3.68	10.16	7.94	4.26	58.08
Estéril	2	100	5.63	23.3	3.70	11.64	8.50	4.79	58.78
Estéril	3	100	5.77	23.1	3.49	10.879	7.91	4.42	59.36
Estéril	4	100	5.69	23.2	3.64	10.33	7.77	4.13	59.97
Promedio			5.59	23.225	3.63	10.75	8.03	4.40	59.05