



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

PROGRAMA EN
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE
GENOTIPOS DE CEPAS COMERCIALES DE
“SETAS” (*PLEUROTUS*), COMO ACCIÓN
ESTRATÉGICA PARA LA PRODUCCIÓN
RURAL EN CUYOACO, PUEBLA**

AURORA MORGADO GONZÁLEZ

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA 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 **Aurora Morgado González**, alumna 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 del Profesor **Dr. Porfirio Morales Almora**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Caracterización y selección de genotipos de cepas comerciales de "setas" (*Pleurotus*)**, como acción estratégica para la producción rural en Cuyoaco, Puebla 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, el Consejero o Director de Tesis 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, Puebla a 31 de enero del 2011.

Aurora Morgado González

Vo. Bo. Dr. Porfirio Morales Almora

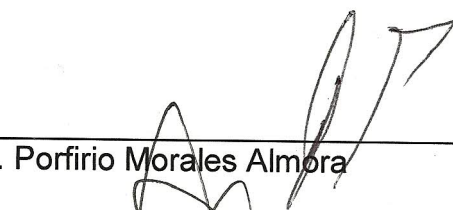
La presente tesis intitulada: **Caracterización y selección de genotipos de "setas" (*Pleurotus*), como acción estratégica para la producción rural en Cuyoaco, Puebla**, realizada por la alumna: **Aurora Morgado González**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

PROGRAMA EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

Consejero




Dr. Porfirio Morales Almora

Asesor



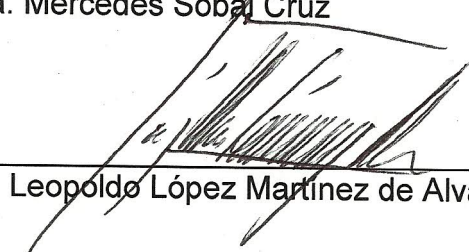
Dr. Daniel Claudio Martínez Carrera

Asesor



Dra. Mercedes Sobal Cruz

Asesor externo



Dr. Leopoldo López Martínez de Alva

Puebla, Pue., a 9 de febrero, 2011

CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE CEPAS COMERCIALES
DE “SETAS” (*PLEUROTUS*), COMO ACCIÓN ESTRATÉGICA PARA LA
PRODUCCIÓN RURAL EN CUYOACO, PUEBLA

Aurora Morgado González, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2011

Existe una gran diversidad de cepas comerciales de *Pleurotus* (setas) que no han sido caracterizadas tanto molecular como morfológicamente en los ceparios del país, este material biológico almacenado, posee una amplia variedad de características deseables para la producción rural, así como para el almacenamiento y consumo. En la presente investigación se realizó la caracterización molecular y morfológica de 17 cepas comerciales. Así mismo, las cepas se sembraron en invierno (2009) y primavera (2010) para determinar su precocidad y productividad, así como la estimación de la vida de anaquel, y finalmente se realizó una prueba hedónica en el Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla y otra en la ciudad de Libres, Puebla. En el análisis filogenético se obtuvieron dos grupos uno conformado por *Pleurotus ostreatus* y otro por *pulmonarius*, este ultimo grupo es precoz, poco productivo y con corta vida de anaquel. Las cepas de *P. ostreatus* CP-22, CP-196 y CP-300 se consideraron precoces y productivas en ambos ciclos de cultivo. En cuanto al análisis sobre la vida de anaquel, las cepas se mantienen con buena calidad a los tres días de almacenamiento en un refrigerador convencional al perder sólo $\leq 2\%$, con calidad media a los seis días con una pérdida $\geq 3\%$ y mala calidad a los nueve días al perder $\geq 5\%$ de su peso, siendo la CP-22, CP-193, CP-50, CP-528 y CP-291 las de mayor vida de anaquel. Las cepas que prefirió el panel de degustación fueron la CP-186, CP-196, CP-193, CP-300, CP-528 y CP-531. La CP-50 es considerada productiva, posee larga vida de anaquel pero con crecimiento lento durante el invierno y según la prueba hedónica, no les agradó ni les desagradó al panel de degustación.

Palabras clave: Cepas comerciales, *Pleurotus* spp, caracterización molecular, Selección de cepas, Cuyoaco.

CHARACTERIZATION AND SELECTION OF GENOTYPES OF COMMERCIAL STRAINS "MUSHROOMS (*PLEUROTUS*), AS STRATEGIC ACTION FOR RURAL PRODUCTION CUYOACO, PUEBLA

Aurora Morgado González, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2011

There is a wide diversity of commercial strains of *Pleurotus* (mushrooms) that have not been characterized both in molecular and morphological Cepari the country, this biological material is stored, has a wide variety of desirable characteristics for rural production and storage and consumption. In the present study was conducted molecular and morphological characterization of 17 commercial strains. Likewise, the strains were grown in winter (2009) and spring (2010) to determine its precocity and productivity as well as the estimation of shelf life, and finally a hedonic test was conducted at the Postgraduate College Campus Puebla and other Free in the city of Puebla. The phylogenetic analysis yielded two groups, one consisting of *Pleurotus ostreatus* and another *pulmonarius*, the latter group is early, very productive and short shelf life. The strains of *P. ostreatus* CP-22, CP-196 and CP-300 is considered precocious and productive in both crop cycles. For analysis on shelf life, the strains are kept in good quality on all three days of storage in a conventional refrigerator to lose only $\leq 2\%$, average quality six days with a $\geq 3\%$ loss and poor quality nine days after losing $\geq 5\%$ by weight, with the CP-22, CP-193, CP-50, CP-528 CP-291 and those of longer shelf life. Strains preferred the taste panel were the CP-186, CP-196, CP-193, CP-300, CP-528 and CP-531. The CP-50 is considered productive, has long shelf life but with slow growth during winter and according to the hedonic test, not liked or disliked the taste panel.

Keywords: Commercial strains, *Pleurotus* spp, molecular characterization, Mushroom production, Cuyoaco.

DEDICATORIA

A mis hijos:

Josué Alexander Morales Morgado

Luis Ángel Morales Morgado

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT), por financiar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, por darme la oportunidad de seguir estudiando y proporcionarme otra cosmovisión.

Al Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles, Medicinales y Funcionales del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, por apoyarme durante todo el proyecto de investigación.

Al Dr. Porfirio Morales Almora, por ser simplemente una persona con excelente calidad humana, le agradezco sus consejos, paciencia y sugerencias constructivas a esta tesis.

Al Dr. Daniel Martínez Carrera, por sus observaciones tan atinadas al presente documento.

A la Dra. Mercedes Sobal Cruz, por sus valiosas sugerencias e interés a la presente tesis.

Al Dr. Leopoldo López Martínez de Alva por sus excelentes y atinadas sugerencias para mejorar la tesis.

Al Dr. Samuel Vargas, por su asesoría en el análisis estadístico y a los profesores que contribuyeron en mi formación académica.

A la M. en C. Myrna Bonilla Quintero y al Biól. Willy, les agradezco el apoyo con en el manejo del material biológico.

A mis padres; Ma. Claudia González y Fidencio Morgado, por su apoyo y confianza.
A mis hermanos por ser incondicionales, les agradezco ser sencillamente mi familia.

A Elías Morales Medina, por que sin su existencia, nunca hubiera tomado la decisión de seguir adelante en lo que siempre he querido.

A la Abg. Rosa Alonso Pérez por ser una excelente persona y amiga

Al Dr. Enrique Ortiz, por su apoyo, interés y amistad

A mis compañeros y amigos del laboratorio: Ing. Elizabeth Cruz Romero, Ing. Fabiola Quiriz, Ing. Miguel Juárez, M.C. Katia Reyes Quintanar, Dra. Patricia Ramírez, M.C. Helios Escudero, por compartir el gusto por los hongos.

A mis amigos: Yannet Olmos, Isela Leyva, Hernán Díaz y José Luis Vargas siempre los recordare....

A mi querida Universidad Autónoma Chapingo...

Y sobre todo, agradezco a Dios por darme una segunda oportunidad en la vida...

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. MARCO DE REFERENCIA.....	3
2.1. Estrategias y el desarrollo rural sustentable.....	3
2.1.1. Desarrollo rural.....	3
2.1.2. Desarrollo rural sustentable.....	3
2.1.3. Producción rural de hongos comestibles.....	4
2.1.4. Estrategias de desarrollo.....	5
2.2. Biotecnología y los agroecosistemas.....	6
2.2.1. Diversidad.....	6
2.2.2. Agroecosistemas.....	6
2.2.3. Biotecnología y perspectivas.....	7
2.2.4. La biotecnología y los agroecosistemas.....	8
2.2.5. Biotecnología agroecológica.....	8
2.2.6. Biotecnología aplicada a hongos comestibles.....	10
2.3. Situación actual de los hongos comestibles.....	11
2.3.1. Hongos comestibles.....	11
2.3.2. Producción nacional de hongos cultivados.....	11
2.3.3. Producción en el Estado de Puebla.....	12
2.3.4. Comercio.....	13
2.3.5. Consumo.....	13
3. MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	14
3.1. Generalidades del hongo seta.....	14
3.1.1. Hongo seta.....	14
3.1.2. Ubicación taxonómica del género <i>Pleurotus</i> spp.....	15
3.1.3. Ciclo de vida.....	15
3.1.4. Propiedades nutricionales	16
3.2. Caracterización de <i>Pleurotus</i> spp.....	17
3.2.1. Caracterización morfológica.....	17
3.2.2. Caracterización molecular.....	18
3.2.3. Estudios moleculares en <i>Pleurotus</i> spp.....	20
3.3. Requerimientos físicos y nutricionales de <i>Pleurotus</i> spp.....	21
3.3.1. Requerimientos nutricionales de los hongos.....	21
3.3.2. Requerimientos físicos.....	22
3.4. Proceso de cultivo.....	24
3.4.1. Medios de cultivo.....	24
3.4.2. Aislamiento por medio de tejidos.....	24

3.4.3. Elaboración del inóculo.....	25
3.4.4. Cultivo en sustrato sólido.....	25
3.4.5. Pasteurización.....	27
3.4.6. Siembra.....	28
3.4.7. Incubación.....	28
3.4.8. Riegos.....	29
3.4.9. Fructificación y cosecha.....	29
3.4.10. Estimación de la productividad.....	29
3.4.11. Plagas y enfermedades.....	30
3.5. Postcosecha.....	31
3.5.1. Hongos frescos.....	31
3.5.2. Envasado, almacenamiento y transporte.....	31
3.5.3. Sistema postcosecha.....	32
3.5.4. Intensidad respiratoria.....	32
3.5.5. Temperatura de almacenamiento.....	33
3.5.6. Pérdida de peso.....	33
3.5.7. Determinaciones biofísicas.....	34
3.6. Evaluación sensorial de los alimentos.....	35
3.6.1. Percepción visual.....	35
3.6.2. Sabor en los alimentos.....	35
3.6.3. Pruebas orientadas al consumidor.....	36
3.6.4. Pruebas hedónicas.....	36
3.6.5. Áreas básicas de pruebas sensoriales.....	36
3.6.6. Preparación y toma de muestras de los alimentos.....	37
3.6.7. Escalas de medición.....	37
4. PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	38
5. OBJETIVOS.....	39
6. HIPOTESIS.....	40
7. MATERIALES Y METODOS.....	41
7.1. Zona de estudio.....	41
7.2. Material biológico.....	42
7.3. Aislamiento del ADN, amplificación del ITS y secuenciación.....	43
7.4. Producción de cuerpos fructíferos y caracterización morfológica....	44
7.4.1. Fases de producción.....	44
7.4.2. Preparación de inóculo.....	44
7.4.3. Preparación del sustrato.....	44
7.4.4. Análisis del sustrato.....	44
7.4.5. Siembra y fructificación.....	45

7.4.6. Diseño experimental.....	46
7.4.7. Caracterización morfológica de las cepas comerciales.....	46
7.4.8. Variables a evaluar.....	46
7.4.9. Análisis estadístico	47
7.5. Análisis sobre la vida de anaquel	47
7.5.1. Análisis del contenido de humedad y pH de los cuerpos fructíferos.....	47
7.5.2. Empaque de los cuerpos fructíferos.....	48
7.5.3. Variables a evaluar.....	48
7.5.4. Análisis estadístico.....	49
7.6. Análisis sensorial.....	49
7.6.1. Preparación de los cuerpos fructíferos.....	50
7.6.2. Envasado y presentación al consumidor.....	50
7.6.3. Variables a evaluar.....	51
7.6.4. Análisis estadístico	51
8. RESULTADOS.....	52
8.1. Antecedentes del cultivo de hongos comestibles en Cuyoaco, Puebla.....	52
8.2. Análisis molecular de las cepas estudiadas.....	54
8.3. Caracterización morfológica de las cepas comerciales.....	55
8.4. Análisis de la productividad y calidad de las cepas comerciales.....	74
8.4.1. Sustrato.....	74
8.4.2. Condiciones ambientales.....	74
8.4.3. Análisis de la precocidad de las cepas comerciales.....	77
8.4.3.1. Comparación de la precocidad de las cepas comerciales estudiadas en dos ciclos de cultivo....	79
8.4.4. Análisis de la productividad de las cepas comerciales.....	81
8.4.4.1. Comparación de la productividad de las cepas comerciales estudiadas en dos ciclos de cultivo.....	84
8.4.5. Análisis de la calidad de los cuerpos fructíferos de las cepas.....	87
8.4.5.1. Comparación de la calidad de los cuerpos fructíferos en dos ciclos de cultivo.....	90
8.5. Análisis sobre la vida de anaquel de las cepas comerciales.....	94
8.5.1. Determinación del contenido de humedad de los cuerpos fructíferos.....	94

8.5.2. Condiciones ambientales.....	95
8.5.3. Pérdida de peso de los cuerpos fructíferos en refrigeración.....	97
8.5.3.1. Comparación de la pérdida de peso de los cuerpos fructíferos almacenados en dos pruebas.....	99
8.5.4. Determinaciones físicas de los cuerpos fructíferos.....	102
8.5.4.1. Análisis sobre la calidad visual.....	102
8.5.4.2. Análisis sobre la textura.....	105
8.5.4.3. Análisis sobre el aroma.....	107
8.5.4.4. Análisis sobre la presencia de mohos.....	107
8.6. Prueba de preferencia de las cepas comerciales estudiadas.....	110
8.6.1. Rendimiento de los cuerpos fructíferos en la cocción.....	110
8.6.2. Prueba hedónica piloto realizada en el Colegio de Postgraduados, <i>Campus</i> Puebla.....	111
8.6.3. Prueba hedónica realizada en la ciudad de Libres, Puebla.....	113
8.6.3.1. Características del panel.....	113
8.6.3.2. Análisis de la prueba hedónica	115
8.6.3.3. Análisis comparativo entre las dos pruebas hedónicas.....	117
8.6.3.3.1. Variable dependiente: sabor.....	117
8.6.3.3.2. Variable dependiente: calidad visual.....	118
8.6.3.3.3. Variable dependiente: aroma.....	119
8.6.3.3.4. Variable dependiente: consistencia.....	120
9. CONCLUSIONES.....	122
10. RECOMENDACIONES.....	123
11. ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO AGRICOLA EN EL MUNICIPIO DE CUYOACO.....	124
12. BIBLIOGRAFIA.....	129

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Producción anual estimada de hongos comestibles cultivados comercialmente en México durante el año 2005.....	11
Tabla 2	Propiedades químicas de <i>Pleurotus</i> spp.....	17
Tabla 3	Eficiencias biológicas citadas para <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Pleurotus pulmonarius</i> sembradas en paja de trigo y cebada.....	26
Tabla 4	Calidad de los cuerpos fructíferos registradas en <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Pleurotus pulmonarius</i> sembradas en paja de trigo.....	27
Tabla 5	Material biológico utilizado en el presente estudio.....	42
Tabla 6	Ingredientes del sustrato utilizado para el cultivo de <i>Pleurotus</i> spp.....	45
Tabla 7	Caracterización de la CP-11 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	57
Tabla 8	Caracterización de la CP-16 <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.....	58
Tabla 9	Caracterización de la CP-21 <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.....	59
Tabla 10	Caracterización de la CP-22 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	60
Tabla 11	Caracterización de la CP-23 <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.....	61
Tabla 12	Caracterización de la CP-50 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	62
Tabla 13	Caracterización de la CP-186 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	63
Tabla 14	Caracterización de la CP-193 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	64
Tabla 15	Caracterización de la CP-196 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	65

Tabla 16	Caracterización de la CP-201 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	66
Tabla 17	Caracterización de la CP-240 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	67
Tabla 18	Caracterización de la CP-281 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	68
Tabla 19	Caracterización de la CP-291 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	69
Tabla 20	Caracterización de la CP-300 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	70
Tabla 21	Caracterización de la CP-327 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.....	71
Tabla 22	Caracterización de la CP-528 <i>Pleurotus</i> spp.....	72
Tabla 23	Caracterización de la CP-531 <i>Pleurotus</i> spp.....	73
Tabla 24	Precocidad de las cepas comerciales utilizadas en dos ciclos de cultivo.....	78
Tabla 25	Productividad de las cepas comerciales utilizadas en dos ciclos de cultivo.....	83
Tabla 26	Calidad de los cuerpos fructíferos cultivados en el módulo experimental durante diciembre-febrero.....	88
Tabla 27	Calidad de los cuerpos fructíferos cultivados en galera rústica ubicada en el municipio de Cuyoaco, Puebla, durante marzo-mayo.....	90
Tabla 28	Contenido de humedad y pH de los cuerpos fructíferos de cada una de las cepas comerciales de <i>Pleurotus</i> spp. seleccionadas en este trabajo.....	95
Tabla 29	Comportamiento de la pérdida de peso de los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus</i> spp. en refrigeración.....	98
Tabla 30	Valoración de calidad visual en los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus</i> spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días	104
Tabla 31	Valoración de textura en los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus</i> spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días	106

Tabla 32	Valoración del aroma en los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus</i> spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días.....	108
Tabla 33	Valoración de la presencia de mohos en los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus</i> spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días.....	109
Tabla 34	Determinación del rendimiento de los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus</i> spp. durante su cocción.....	110
Tabla 35	Prueba hedónica piloto realizada en el Colegio de Postgraduados, <i>Campus</i> Puebla.....	113
Tabla 36	Prueba hedónica realizada en la ciudad de Libres, Puebla.....	117
Tabla 37	Matriz de potencialidades, limitaciones y problemas en el municipio de Cuyoaco, Puebla.....	125

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Municipios productores de hongo “seta” (<i>Pleurotus</i> spp.) en el estado de Puebla.....	12
Figura 2	Cuerpo fructífero de un basidiomiceto (Kalac, 2009).....	14
Figura 3	Ciclo de vida de <i>Pleurotus</i>	16
Figura 4	Vista aérea de la localización del experimento en el municipio de Cuyoaco, Puebla.....	41
Figura 5	Empacado y almacenamiento de los cuerpos fructíferos de las diferentes cepas comerciales.....	48
Figura 6	Presentación de muestras al panel para una prueba hedónica.....	51
Figura 7	Primera nave dedicada a la producción de champiñón en Cuyoaco, Puebla.....	52
Figura 8	Naves dedicadas a la producción de champiñón en Cuyoaco, Puebla.....	53

Figura 9	Análisis filogenético de las cepas de <i>Pleurotus</i> basado en las secuencias de la región ITS, usando el método de Máxima Parsimonia (Bootstrap= 1000).....	55
Figura 10	Módulo experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, utilizado para la producción del primer ciclo de cultivo de <i>Pleurotus</i> spp. (diciembre-febrero, 2009)...	74
Figura 11	Temperatura media del módulo experimental durante invierno (diciembre 2009-febrero 2010).....	75
Figura 12	Humedad relativa en el módulo experimental durante invierno (diciembre 2009-febrero 2010).....	75
Figura 13	Galera rústica utilizada para la producción del segundo ciclo de cultivo de <i>Pleurotus</i> spp. (marzo-mayo, 2010) localizada en Cuyoaco, Puebla.....	76
Figura 14	Temperatura media de la galera rústica durante primavera (marzo-mayo 2010).....	76
Figura 15	Comparación en días transcurridos a aparición de primordios durante los dos ciclos de cultivo.....	79
Figura 16	Comparación en días transcurridos a primera cosecha durante dos ciclos de cultivo.....	80
Figura 17	Comparación en días transcurridos a segunda cosecha durante los dos ciclos de cultivo.....	81
Figura 18	Comparación del peso de los cuerpos fructíferos durante los dos ciclos de cultivo.....	85
Figura 19	Comparación de la eficiencia biológica de las cepas comerciales durante los dos ciclos de cultivo.....	86
Figura 20	Comparación de la tasa de producción de cepas comerciales durante los dos ciclos de cultivo.....	87
Figura 21	Comparación de medias en peso de cuerpo fructífero en dos ciclos de cultivo.....	91
Figura 22	Comparación de medias del diámetro de píleo en dos ciclos de cultivo.....	92
Figura 23	Comparación de medias del diámetro de estípite en dos ciclos de cultivo.....	92

Figura 24	Comparación de medias del largo de estípite en dos ciclos de cultivo.....	93
Figura 25	Comportamiento de la temperatura en el refrigerador ubicado en el laboratorio de hongos comestibles en donde se almacenaron los hongos frescos de <i>Pleurotus</i> spp.....	96
Figura 26	Comportamiento de la temperatura en el refrigerador ubicado en el municipio de Cuyoaco, Puebla en donde se almacenaron los hongos frescos de <i>Pleurotus</i> spp.....	96
Figura 27	Comportamiento de la pérdida de peso a tres días de almacenamiento en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC.....	100
Figura 28	Comportamiento de la pérdida de peso a seis días de almacenamiento en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC	101
Figura 29	Comportamiento de la pérdida de peso a nueve días de almacenamiento en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC.....	102
Figura 30	Relación entre la pérdida de agua y rendimiento de los cuerpos fructíferos al cocinarse.....	111
Figura 31.	Distribución de edades del panel de degustación realizado en la ciudad de Libres, Puebla.....	114
Figura 32	Distribución de la escolaridad del panel de degustación ubicado en la ciudad de Libres, Puebla.....	115
Figura 33	Distribución de la ocupación del panel de degustación ubicado en la ciudad de Libres, Puebla.....	115
Figura 34	Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el Colegio de Postgraduados <i>Campus</i> Puebla y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: sabor.....	118
Figura 35	Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el CP y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: calidad visual.....	119
Figura 36	Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el Colegio de Postgraduados <i>Campus</i> Puebla y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: aroma.....	120

Figura 37	Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el Colegio de Postgraduados <i>Campus</i> Puebla y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: consistencia.....	121
Figura 38	Análisis del problema en el municipio de Cuyoaco, Puebla...	126

INTRODUCCION

En México existen centros públicos de investigación en biotecnología que sobresalen por su capacidad en innovación tecnológica y desarrollo científico, pero se encuentran poco vinculados con los sectores en donde podrían tener impacto positivo. El nivel de desarrollo económico de nuestro país y las grandes asimetrías que existen por la pobreza creciente en el sector agrícola, obligan a explorar desde el nivel científico y tecnológico, la mejor manera de aprovechar la biotecnología. Es muy difícil cerrar la brecha entre la investigación y el desarrollo tecnológico, y particularmente, la aplicación de la biotecnología a la solución de problemas concretos en el sector agropecuario de México es aún más compleja de alcanzar, principalmente por sus grandes rezagos y particularidades (Serratos-Hernández, 2003)

La biotecnología aplicada a los hongos comestibles no es la excepción, ya que actualmente cuenta con un sistema de producción de hongos comestibles cultivados en pleno desarrollo, un mercado en expansión y ventajas competitivas que le permiten estar en posibilidades de mantener un sólido liderazgo en este sector; y para consolidarlo es necesario dar especial prioridad a la vinculación estratégica entre los sectores involucrados; lo cual permita desarrollar investigaciones reales y necesarias con el apoyo que ofrece la biotecnología aplicada y moderna de los hongos comestibles (Martínez-Carrera *et al.*, 2007a).

En los últimos años, el Colegio de Posgraduados, *Campus* Puebla, a través del CREGENHC (Centro de Recursos Genéticos en Hongos Comestibles) ha realizado colectas de una gran variedad de cepas comerciales así como diversos estudios para la obtención y selección de cepas de *Pleurotus* spp. con características deseables para su explotación comercial (Martínez *et al.*, 2007b). El mismo autor señala que a la fecha se ha seleccionado germoplasma de rápido crecimiento vegetativo y de alta producción a nivel experimental; sin embargo, no siempre se han mantenido estas características deseables cuando las cepas se cultivan a nivel rural;

Morales *et al.*, 2007, por su parte, mencionan qué, dentro de las investigaciones que requieren atención, es la utilización de nuevas cepas adaptadas a diferentes regiones del país, que permitan rendimientos competitivos que satisfagan las necesidades de compra. Actualmente, existe una tendencia marcada hacia el estudio del manejo postcosecha, la investigación de mercados, satisfacción del consumidor, que dan pauta a la determinación y la constante búsqueda de alimentos sabrosos y saludables; mostrando la necesidad de saber cuál es el producto que el consumidor final prefiere ya que es indispensable saber si la gente querrá comprar lo que se va a producir (FAO, 2003).

Debido a que el municipio de Cuyoaco cuenta con condiciones climáticas desfavorables, tales como bajas temperaturas y precipitaciones escasas, hace que la actividad agrícola convencional sea muy riesgosa y estacional, haciéndola poco redituable para el productor. De ahí que la producción rural del hongo comestible *Pleurotus* spp, puede ser una alternativa estratégica para el municipio de Cuyoaco y la región, por ser un cultivo protegido, poca inversión y utilización de rastrojos de los principales cultivos del municipio (cebada, maíz y frijol) generando recursos económicos secundarios que mejorarían la economía, el consumo familiar, además, de ser amigable con el ambiente.

1. MARCO DE REFERENCIA

1.1. Estrategias y desarrollo rural sustentable

1.1.1. Desarrollo Rural

Las comunidades rurales se caracterizan por la diversidad de sus actividades productivas, en las que los habitantes se comprometen para asegurar su subsistencia (Barkin, 1999). En la literatura sobre desarrollo rural se pueden identificar dos grandes vertientes de pensamiento. La primera es de carácter económico y se centra mayormente en los aspectos productivos, influida por la economía de desarrollo. La segunda tiene un carácter multidisciplinario más amplio; la cual privilegia los aspectos históricos, sociales y culturales, basada en la sociología rural y otras ciencias sociales (Sepúlveda *et al.*, 2003). El mismo autor señala al desarrollo rural como un proceso participativo que busca dotar a los pobladores rurales del poder necesario para que sean ellos mismos quienes establezcan sus prioridades.

1.1.2. Desarrollo rural sustentable

La teoría de desarrollo rural, y su práctica, ha evolucionado de manera significativa durante las últimas décadas. En este transitar de ideas, que ha llevado a la propuesta de un enfoque sustentable, el cual se ha convertido en una parte importante de la discusión sobre el desarrollo. Estos nuevos enfoques requieren más que la defensa de nuestro medio ambiente. La conservación de los ecosistemas de una región depende, más que de un reconocimiento político, de la importancia del problema. También requiere del fortalecimiento y reconstrucción de la capacidad económica y social de la población con el conocimiento y habilidades para emplearse en las actividades productivas requeridas para proteger y enriquecer los sistemas naturales en los que estos recursos existan (Barkin, 1999). En la perspectiva de un desarrollo rural sustentable, la supremacía de las pequeñas producciones obliga a generar modelos agroecológicos de pequeña escala que sean apropiados a las condiciones ambientales, culturales y productivas de cada región, asegurando así, que la pequeña producción sea más eficiente y sustentable (Toledo, 2002).

1.1.3. Producción rural de hongos comestibles

Bajo este mismo tenor, la producción rural de hongos comestibles ha dado lugar a que un gran número de pequeños productores implementen el sistema de cultivo, principalmente de setas, dada su sencillez y bajo costo. Este tipo de producción es, normalmente temporal, por la forma en que la unidad de producción campesina se organiza, por lo que el cultivo de hongos se ha establecido como una actividad adicional en la que se aprovechan grandes cantidades de subproductos agrícolas y forestales de sus regiones, tales como sustrato de cultivo que muchas veces son desperdiciados (Martínez-Carrera *et al.*, 2000a); además, favorece el consumo en épocas que generalmente no se consumían hongos, favoreciendo la calidad proteica de la dieta familiar. El modelo de producción rural consiste en una granja central que cultiva hongos comercialmente, ya sean frescos o envasados para el mercado local y/o regional. Esta granja debe tener la capacidad de producir y distribuir la semilla de alta calidad para la producción de hongos en granjas rústicas o para el cultivo doméstico. Los sustratos gastados son composteados y se reciclan como fertilizante orgánico del suelo para el campo agrícola (Martínez-Carrera *et al.*, 2000b). Con este modelo se tienen ventajas sociales, económicas y ecológicas a saber;

- a. Mejoramiento proteico de la dieta local.
- b. Participación de un sector que había sido marginado: mujeres.
- c. Generación de empleos directos, mediante el autoempleo.
- d. Obtención de ingresos adicionales por la comercialización de hongos.
- e. Promover la producción y organización campesina.
- f. Uso eficiente y reciclado de los subproductos agrícolas y forestales.
- g. No afecta los valores, ni actividades centrales de la vida cotidiana y
- h. No daña el entorno ecológico.

1.1.4. Estrategias de desarrollo

El concepto de estrategia ha sido objeto de múltiples interpretaciones, de modo que no existe una única definición. Sin embargo, en el caso de estrategias de desarrollo agrícola regional, uno de los principales exponentes es Matus (1972), quien asegura que la estrategia viene a ser, “un análisis y un propósito de futuro donde se integra lo económico y lo político-social mediante un modelo abstracto del proceso material de desarrollo donde se supone que ese modelo responde y reacciona como si fuera la realidad misma frente a la simulación de los hechos y perturbaciones que el analista desea explorar en sus consecuencias, con el objeto de encauzarlas hacia objetivos determinados”.

“La formulación de una estrategia parte de una síntesis entre la realidad y proyecto la cual constituye una imagen preliminar resultante de la exploración de los problemas fundamentales de una economía” (Matus, 1980); para formularla, se requiere de un marco de referencia fundamental para elaborar el diagnóstico, el cual proporciona la información que permite conocer la capacidad, oportunidades y potencialidades, así como de los recursos disponibles a fin de formular un patrón de desarrollo nuevo o ideas nuevas, a lo que Silva, (2003) le llama: vocaciones definida como “la aptitud, capacidad o característica especial que tiene la localidad para su desarrollo para finalmente elaborar un plan estratégico” en el cual; Matus, (1980), asegura que “no debe ser un simple proceso normativo; debe poseer vitalidad, dinamismo y la imprevisibilidad del proceso práctico-real”, es decir que el plan debe modificarse según la situación para que se lleve a cabo y cumpla su objetivo.

Las estrategias en el sector agrícola son parte fundamental para promover el desarrollo agrícola y rural de una región, lo cual debe “contribuir al surgimiento de un nuevo pacto social, cimentado en el reconocimiento de la erradicación de la pobreza y la incorporación democrática de los desamparados dentro de una estructura productiva más diversificada” (Barkin, 1999).

1.2. Biotecnología y los agroecosistemas

1.2.1. Diversidad

La diversidad a nivel genético de cada especie, se encuentra relacionada con la variación genética la cual está regulada por procesos evolutivos, ecológicos e históricos (Gastón y Spicer, 1998), la variación genética aún para un pequeño grupo de especies estudiadas en México es muy alta (Conabio, 1997), por ser considerado como uno de los principales centros de megadiversidad. Sin embargo, si aún desconocemos incluso la presencia de posiblemente hasta el 90% de las especies que habitan el país, sobra decir que nuestra ignorancia sobre su genética es aún mayor.

Además la velocidad a la que se están añadiendo secuencias de nucleótidos en las bases de datos, convierte en fútil cualquier estimación del total disponible. Si bien se cuenta con secuencias tanto a nivel de nucleótidos, en los genes como de aminoácidos en proteínas, obtenidas de varias decenas de miles de especies, en su inmensa mayoría estas secuencias lo son de pequeños fragmentos del total de la información genética de los organismos (Soberón y Golubov, 2004).

1.2.2. Agroecosistemas

El ecosistema se ha definido como “la unidad a la que puede reducirse el paisaje natural, en la que se identifica una estructura y una función, en donde los organismos, los flujos de energía y los ciclos biogeoquímicos se encuentran en un equilibrio” (Arriaga-Arellano y Larqué-Saavedra, 2001). El estudio de los ecosistemas en general está íntimamente ligado a una serie de dimensiones que van más allá de lo estrictamente biológico en especial si hablamos de los agroecosistemas. “Las sociedades y los factores económicos son las dimensiones que determinan el impacto sobre la naturaleza, porque es la humanidad y la forma de apropiarse de los ecosistemas, en un estadio económico determinado, lo que está definiendo cómo, qué y para qué se transforman los ecosistemas” (Serratos-Hernández, 2003).

“Los agroecosistemas son aquellos que contienen recursos biológicos y naturales manejados por los humanos para producir alimentos, así como otros productos no alimentarios y servicios ambientales socialmente valiosos” (Serratos-Hernández, 2003). El mismo autor menciona que: existe una clasificación más general de los sistemas de producción en los agroecosistemas y establece que se pueden diferenciar al menos dos grandes grupos. Uno de ellos sería el que se asocia con sistemas de baja utilización de insumos externos y poco comercializados, en el que destaca principalmente la base comunitaria de pequeñas parcelas y gran fragmentación, policultivo con variedades y razas locales de cultivos, mezcla de cultivos en diferentes estratos de la cubierta vegetal, en el que interactúa una amplia base de especies y diversidad genética basada en el conocimiento indígena tradicional. Por el contrario, el segundo es el que tiene atributos asociados con la utilización de una gran cantidad de insumos externos, alta comercialización, grandes extensiones de terreno consolidado, uso intensivo de capital en sistemas de monocultivo con variedades diseñadas y seleccionadas con el objetivo de obtener alto rendimiento además de una alta especialización con cultivos sincronizados, de diversidad genética muy limitada. Este tipo de sistema de producción se fundamenta en un extensivo componente tecnológico. Entre estos dos extremos se encuentra una amplia gama de sistemas de producción que incorporan características de ambos grupos.

1.2.3. Biotecnología y perspectivas

“Definida como cualquier técnica que utilice organismos vivos para hacer o modificar un producto, para mejorar plantas y animales, o para desarrollar microorganismos de uso específico”. La biotecnología hace hoy posible el estudio y la manipulación de organismos a nivel celular y molecular (Gutiérrez y Gonzaga, 2006). La biotecnología tiene una perspectiva doble: a) los efectos positivos o negativos para la exploración, manejo, conservación y uso de la biodiversidad, b) el potencial que la biodiversidad ofrece a la actividad biotecnológica como materia prima. La metodología sustentada en la biología molecular ha tenido un impacto importante en cómo se encuentra y analiza la biodiversidad (Soberón y Golubov, 2004).

Asimismo, se ha considerado que la biotecnología puede ser un elemento de gran utilidad en el conocimiento y manejo de los agroecosistemas, en el sentido que la biotecnología fuese complementaria con la agroecología al incorporar la escala molecular a la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas agrícolas (Serratos-Hernández, 2003). Desde hace algunos años se ha sugerido que la biotecnología moderna, en particular la sustentada en la biología molecular, es una herramienta que puede desempeñar un papel de comprensión y de diagnóstico en la descripción de procesos tales como la función de factores limitantes en el desarrollo y producción de plantas, así como la descripción y caracterización de la biodiversidad (Soberón y Golubov, 2004).

1.2.4. La biotecnología y los agroecosistemas

Para definir el papel de la biotecnología en el manejo y caracterización de los recursos naturales de los agroecosistemas en México, es indispensable considerar el impacto de los factores económicos y sociales en el manejo y sustentabilidad productiva de los mismos, porque la propuesta fundamental de la biotecnología agroecológica se dirige a la solución de problemas específicos del manejo de agroecosistemas desde una perspectiva sustentable. La biotecnología agroecológica debe desarrollar una comprensión holística y concertada de todas las escalas biológicas, para generar propuestas de tecnología apropiada y pertinente a las condiciones ecológicas, sociales y económicas de las diferentes regiones agrícolas, en su relación con el resto de los ecosistemas, en nuestro país (Serratos-Hernández, 2003).

1.2.5. Biotecnología agroecológica

Como se ha señalado, el estudio de la naturaleza desde la escala de la biología molecular hasta la escala ecológica deberá permitir una visión integral y rica de los múltiples y complejos procesos que se dan en ella, y en este sentido la biotecnología agroecológica sería un espacio muy importante para crear un puente entre estas dos visiones de la naturaleza que conformará el fundamento científico de la agricultura sustentable.

La biotecnología agroecológica podría ser uno de los elementos clave para la sustentabilidad, de integrarse a un programa más amplio que comprenda una visión complementaria de los procesos y sistemas ecológicos, con lo que se podrían diseñar propuestas para el desarrollo de tecnologías y prácticas que permitan optimizar el balance de la productividad, detener la degradación y al mismo tiempo resguarden y restablezcan la biodiversidad en las condiciones particulares de nuestro país (Serratos-Hernández, 2003).

Las herramientas de la biotecnología se deben utilizar para caracterizar, en particular a nivel molecular, y establecer catálogos de las especies de plantas y animales originarias de México y de manera particular aquellas que actualmente son endémicas en nuestro país. Para el estudio, caracterización, manejo y conservación de la riqueza biológica de los ecosistemas en general, y los agroecosistemas en particular de nuestro país, la biotecnología puede aportar en el futuro próximo soluciones tecnológicas para abordar cada uno de estos aspectos (Serratos *et al.*, 2003) bajo un esquema general de preservación, mantenimiento y sustentabilidad de las actividades agrícolas, pecuarias y, cada vez con mayor urgencia, las forestales.

Para la conservación de la diversidad de los recursos genéticos es necesario el empleo de herramientas que la biotecnología puede brindar, entre los que destacan: la micropropagación y la biología molecular. El cultivo de tejidos vegetales *in vitro* o micropropagación es un conjunto de técnicas que permiten el cultivo en condiciones asépticas de órganos, tejidos, células y protoplastos empleando medios nutritivos artificiales. El cultivo de tejidos *in vitro* está basado en el principio de la totipotencia celular, es decir la capacidad que tienen las células de regenerar el organismo completo al cual pertenecen. Por tanto, se trata de unos procedimientos que permiten la clonación de los genomas de individuos seleccionados (Gutiérrez y Gonzaga, 2006).

1.2.6. Biotecnología aplicada a hongos comestibles

Durante los últimos 20 años, la biotecnología moderna ha impactado notablemente la manipulación genética de diversos microorganismos, plantas y animales. En el caso de los hongos en México se han descrito 6000 especies (Conabio, 1997). En este contexto, los Centros de Recursos Biológicos han adquirido gran relevancia económica, ecológica y social en virtud de su importancia para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de la industria biotecnológica (Bull *et al.*, 2000). Avances recientes en este campo demuestran la necesidad de modificar esta tendencia. Por citar sólo algunos ejemplos, ya se han desarrollado sistemas eficientes de transformación genética para el champiñón *Agaricus*, las setas *Pleurotus*, y el *shiitake*, los hongos comestibles de mayor importancia social, ecológica y económica.

En este sentido, el COLPOS-Campus Puebla, ha iniciado el establecimiento de un Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) a partir del 2004, con los siguientes objetivos centrales: 1) Mantener y conservar el germoplasma nativo procedente de diversas regiones del país; 2) Caracterizar el germoplasma nativo a nivel molecular, principalmente el correspondiente al champiñón (*Agaricus*), las setas (*Pleurotus*) y el género *Lentinula*, generando sus bases de datos asociadas; y 3) Establecer un programa de mejoramiento genético que combine herramientas de genética clásica y molecular para desarrollar una nueva generación de cepas comerciales de hongos comestibles en México (Sobal *et al.*, 2007a). El mismo autor señala que la vinculación del CREGENHC consiste en proporcionar servicios a las instituciones públicas y privadas, mediante la distribución e intercambio de cepas e información científica con propósitos educativos y de investigación. También apoyar al sector productivo social (productores rurales) y privado (empresas) del país proporcionando inóculo durante todo el año gracias a la técnica biotecnológica del cultivo *in vitro* de los hongos comestibles, a través del Centro de Vinculación con el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles (CVIHNCO).

1.3. Situación actual de los hongos comestibles

1.3.1. Hongos comestibles

En México, “los hongos comestibles representan un sistema de producción-consumo de nivel intermedio en importancia; desafortunadamente, por razones históricas, se ha establecido en el país una dicotomía entre hongos comestibles silvestres y hongos comestibles cultivados. Se considera que se debe promover un concepto unificado de los hongos comestibles en el que se integren las especies silvestres y cultivadas, ya que constituye una relevante acción estratégica para el desarrollo sostenible del sistema producción-consumo de hongos comestibles” (Martínez-Carrera *et al.*, 2007b).

1.3.2. Producción nacional de hongos cultivados

Martínez-Carrera y colaboradores (2007) mencionan que el hongo seta es considerado como el segundo hongo cultivado después del champiñón (Tabla 1). A diferencia de otros países donde el cultivo de hongos comestibles es un negocio privado, su evolución en México ha tenido dos vertientes: el desarrollo industrial privado y la producción rural por el sector social. En la primer vertiente, son grandes empresas como “Hongos Leben S.A.”, “Hongos de México, S.A.”, “*Monterey Mushrooms, Inc*”, “Alimentos Selectos de Tlaxcala, S.A.”, “Champiñones Los Altos, S.A., S.A”, “Champiñones el Riojal, S.A.”.

Tabla 1. Producción anual estimada de hongos comestibles cultivados comercialmente en México durante el año 2005 (Martínez-Carrera *et al.*, 2007).

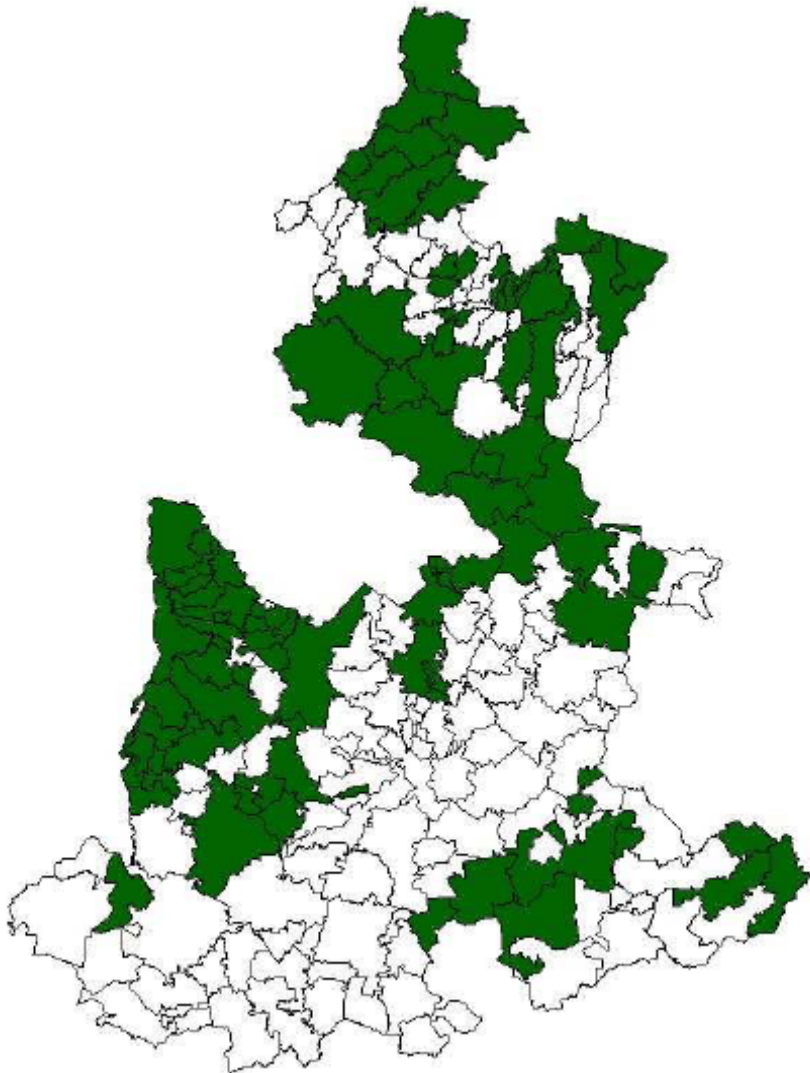
Nombre científico	Nombre comercial	Producción nacional	
		Volumen (Toneladas)	Proporción (%)
<i>Agaricus bisporus</i> (J.E. Lange) Pilát	Champiñones	45,260	95.35
	Champiñón blanco	44,931.5	99.27
	Champiñón café	328.5	0.73
<i>Pleurotus</i> spp.	Setas (blanca, gris, café)	2,190	4.62
<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	<i>Shiitake</i>	18.2	0.038
<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	<i>Reishi</i>	PC	-
<i>Grifola frondosa</i> (Dicks.) Gray	<i>Maitake</i>	PC	-
Total		47,468.2	100

PC= Nivel de pruebas a escala comercial.

1.3.3. Producción en el estado de Puebla

Según la Secretaría de Desarrollo Rural en su página (www.sdr.gob.mx) menciona que los principales municipios productores de hongos setas son: San Nicolás Buenos Aires, Tlahuapan, Tepexco, Cohuecan, Acteopan, Tepemaxalco, Atzitzihuapan, Izucar de Matamoros, Huaquechula, San Andrés Cholula y Cuyoaco (Figura 1).

Figura 1: Municipios productores de hongo “seta” (*Pleurotus* spp.) en el Estado de Puebla.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Rural, 2010.

1.3.4. Comercio

La mayor parte de la producción, comercialización y consumo de los hongos comestibles silvestres y cultivados se lleva a cabo en la región central de México (Martínez *et al.*, 2007 y Mayett *et al.*, 2006). El sistema de mercado de los hongos comestibles está poco desarrollado ya que existen canales de comercialización complejos y poco eficientes, caracterizados por intermediarios funcionales que carecen de organización, capacidad económica e infraestructura. A pesar de ello, los márgenes de comercialización son competitivos en comparación con otros productos agrícolas, registrando un rango del 40 al 46.6% en los hongos comestibles cultivados, lo cual es razonable para los productores, mayoristas y minoristas (Martínez-Carrera *et al.*, 2005). Ancona *et al.*, (2009) en un estudio de mercado realizado en Yucatán, asegura que los supermercados manejan un 61% de hongos frescos y el resto enlatados, dentro de las empresas que fungen como proveedoras, la que comercializa mayores volúmenes es Monte Blanco seguido de Leben, tanto en fresco como industrializado. En cambio Mayett, (2006) menciona que los supermercados manejan un 54.5% del producto fresco y el 45 % enlatado, cocinado o congelado en la región central del país.

1.3.5. Consumo

El 49.4% de los consumidores urbanos compra hongos comestibles, independientemente de su nivel social. Sólo el 3.2% de los consumidores de hongos comestibles manifiesta el comprar especies silvestres. Con estos registros, incluyendo la oferta total estimada de hongos comestibles (producción nacional disponible + importaciones) puede estimarse un consumo *per cápita* de 0.562 kg de hongos comestibles por año en el 2004 en México considerando la población total del país. Si sólo se toma en cuenta la población consumidora de hongos comestibles, el consumo *per cápita* anual se eleva a 1.138 kg para el mismo año (Martínez-Carrera *et al.*, 2005).

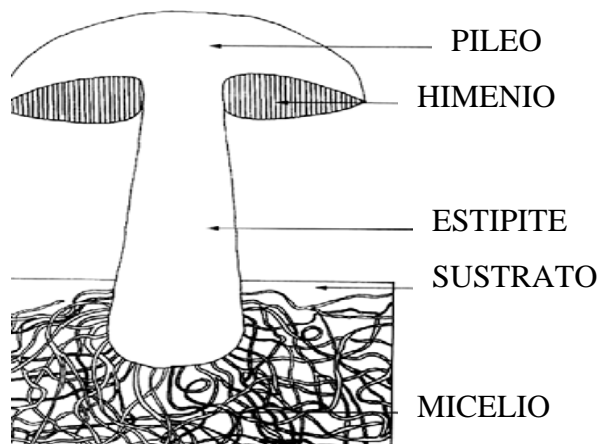
2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Generalidades del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*)

2.1.1. Hongo seta (*Pleurotus spp.*)

Los hongos del género *Pleurotus* spp. son considerados como hongos verdaderos, los cuales son organismos eucarióticos (contienen un núcleo), heterótrofos, con pared celular compuesta de quitina y se reproducen por esporas, las cuales, al germinar tienen un crecimiento hifal, en el que algunas llegan a diferenciarse para producir macroestructuras morfológicamente complejas como los cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos (Sierra *et al.*, 2002). Están compuestos de un píleo (sombrero) el cual posee himenio con láminas o pliegues, pie lateral y esporas blancas (Figura 2). El término «setas» es aplicado en México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus* y afines), pero estos hongos también son conocidos popularmente como orejas blancas (Gaitán-Hernández, 2006).

Figura 2. Cuerpo fructífero de un basidiomiceto (Kalac, 2009).



2.1.2. Ubicación taxonómica del genero *Pleurotus* spp.

Reino: *Fungi*

División: *Eumycota*

Subdivisión: *Basidiomycotina*

Clase: *Holobasidimycetes*

Subclase: *Hymenomycetidae*

Orden: *Agaricales*

Familia: *Tricholomataceae*

Género: *Pleurotus*

Especie: *ostreatus*

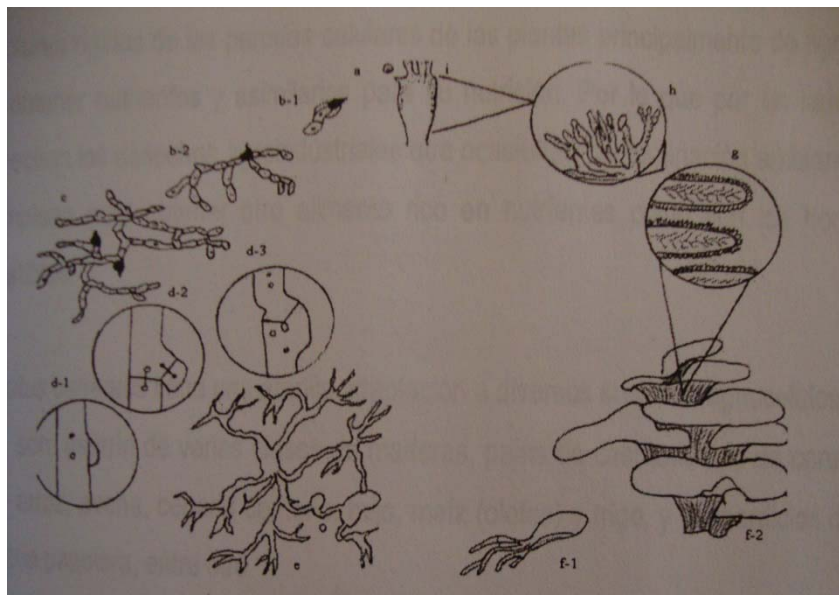
Fuente: Guzmán, 1980; Herrera y Ulloa, 1990.

2.1.3. Ciclo de vida

El ciclo de vida de *Pleurotus* empieza cuando las basidiosporas (a), liberadas por el hongo germinan, iniciando el desarrollo de un micelio homocariótico haploide (b) de contenido genético-nuclear idéntico y capaz de propagación independiente e indefinida. El micelio puede seguir la vida asexual o sexual. El micelio homocariótico también llamado primario o monocarión haploide, al encontrarse con otro micelio compatible ocurre la plasmogamia o fusión de dos micelios homocarióticos (c), dando origen a un micelio secundario o dicarión (d). Los dos núcleos sexualmente compatibles siguen como núcleos haploides, formando hifas con dos núcleos; un par por célula por todo el micelio, en cada septo usualmente se forma una conexión hifal a manera de puente llamado fíbula a través de uno de los dos núcleos pasa al otro extremo de la célula, mientras que el otro núcleo se divide para pasar por el poro o tabique; (e) bajo condiciones ambientales apropiadas, el micelio dicariótico forma agrupaciones, las cuales darán origen a los cuerpos fructíferos que tienen formas especializadas. (f) Los cuerpos fructíferos presentan tres estructuras, el píleo, el estípite y el himenio, el cual está formado por láminas y es una estructura donde lleva a cabo la formación de basidios y basidiosporas. (g) Los basidios son estructuras especializadas en donde ocurren la fusión de los núcleos haploides a través de un proceso llamado cariogamia, formando así un núcleo diploide en la

célula. (h) Posteriormente dicho núcleo diploide sufre el proceso de meiosis, en el cual el material genético parental se recombinará y segregará, originando cuatro células haploides, las cuales viajarán hasta los esterigmas del basidio donde formarán las basidiosporas que son típicamente cuatro esporas uninucleadas en cada basidio. (i) Las esporas son liberadas; y después de la germinación de estas, continúa una división mitótica del núcleo por el cual el ciclo de vida es reiniciado (Sánchez y Royse, 2001) (Figura 3).

Figura 3. Ciclo de vida de *Pleurotus*.



Ciclo de vida de *Pleurotus* spp. a) Basidiospora; b) Germinación y formación del micelio homocarión; c) Fusión de dos micelios homocarióticos compatibles; d) Formación del micelio dicarión; e) Formación de primordios; f) Desarrollo del carpóforo; g) Himenio; h) Formación de los basidios; i) Basidio diferenciado y basidiosporas (Sánchez y Royse, 2001).

2.1.4. Propiedades nutricionales

Los hongos son consumidos por su delicadeza y particularmente por su aroma específico y textura (Kalac, 2009). En el caso de *Pleurotus* resulta particularmente interesante desde el punto de vista nutricional en función de su contenido de proteína (Tabla 2). Yang *et al.* (2001), de acuerdo a un análisis de componentes

químicos realizado a hongos comestibles comerciales, entre los que destaca *Pleurotus*, mencionan que tiene un contenido de azúcares de 18.2 mg/g, en el que se incluyen el manitol, la trehalosa, el myoinositol, la glucosa y 4.08 mg/g de aminoácidos. Así mismo, se han descubierto notables propiedades medicinales en estos hongos, algunas de ellas son anti cancerígenas, antibióticas, reducen el nivel de colesterol y la hipertensión, antitrombóticas y antidiabéticas, lo cual brinda un impulso adicional al desarrollo de este campo (Martínez- Carrera *et al.*, 2007a).

Tabla 2. Propiedades químicas de *Pleurotus* spp.

Referencia	Humedad (%)	Sales (%)	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Ceniza (%)	Fibra Cruda (%)
Valencia del Toro <i>et al.</i> , (2000)	91.7-94.2			21.0-31.5	3.0-7.1	3.7-8.7	7.7-14.
Yang <i>et al.</i> , 2001	*	88.60	11.40	23.9	2.16	7.59	5.33

2.2. Caracterización de *Pleurotus* spp

2.2.1. Caracterización morfológica

“Los caracteres son herramientas o una guía para las investigaciones científicas” (Khon, 1992). Como lo es la detallada y correcta descripción de los basidiomas en estado fresco. Para lo cual se han generado una gran cantidad de términos morfodescriptivos que tratan de explicar de la manera más precisa cada uno de los caracteres observados desde las forma completa del centro, el margen o extremos, tamaño, grado de humedad, color en el marco de sus componentes morfológicos: píleo, himenio y estípite (Delgado *et al.*, 2005).

Zervakis y Balis (1996), en un intento por caracterizar y definir las relaciones genéticas entre especies de *Pleurotus* spp, utilizando diferentes cepas del genero de diferentes partes del mundo, detallaron la descripción morfológica de cada taxón de *Pleurotus*. Asimismo, mencionan que tienen una forma plana a convexa, con colores

grises, pasando por beige, café claros, el tamaño en los cuerpos fructíferos va de 4.0 a 16.0 cm, ligeramente el margen enrollado, láminas delgadas a anchas y densas, teniendo colores desde los cremas a marfil, con inserción al píleo de forma decurrente. El tamaño del estípite varia de 0.4 a 4.0 cm, localizado de forma lateral a excéntrico (Eger *et al.*, 1979), de forma cilíndrica y estriado sólido, con colores del crema a marfil, algunas veces flexible, frágil, elástico. Basidiosporas de 6.5-13.5X3.0-5.0 μm , subcilíndricas a cilíndricas (Eger *et al.*, 1979), las colonias dicarióticas tienen micelio denso y algodonoso, de crecimiento más o menos radial, algunas veces marginal y colores que van del blanco al marfil.

En otro esfuerzo por la caracterización del género *Pleurotus* spp. en México lo realizaron Sobal *et al.* (2007a), al estudiar la morfología del micelio en medio de cultivo PDA a 25°C; del cual se obtuvo que la CP-11 (*Pleurotus ostreatus* F. spp Florida) tiene una textura algodonosa, de color blanca, crecimiento de la colonia de forma regular y crecimiento hifal abundante, con un rango de crecimiento de 0.1 mm/h y 2.09 g/L/día de biomasa fresca. Por otro lado, la CP-50 (*Pleurotus ostreatus*) tiene una textura algodonosa, de color blanca, crecimiento de la colonia de forma regular y crecimiento hifal abundante, con un rango de crecimiento de 0.158 mm/h y 2.68 g/l/día de biomasa fresca y la CP-16 (*Pleurotus pulmonarius*) tiene una textura algodonosa, de color blanca, crecimiento de la colonia de forma irregular y crecimiento hifal abundante, con un rango de crecimiento de 0.109 mm/h y 1.31 g/L/día de biomasa fresca.

2.2.2. Caracterización molecular

Bunyard, *et al.*, (1996), aseguran que la taxonomía en hongos se basa en diferencias morfológicas, pero muchas veces la definición entre especies es difícil porque los caracteres son ambiguos y muchas veces afectados por las condiciones climáticas. Por su parte, Eger *et al.* (1979), mencionan que la plasticidad de las características morfológicas, específicamente en cepas de *Pleurotus* es ampliamente conocido, ya que por ejemplo los píleos pueden ser centrales, excéntricos o laterales de acuerdo a la iluminación. Por lo que la genética molecular ha revolucionado significativamente

la biología y la taxonomía, ya que es un carácter tipificado como molecular y se ha desarrollado para determinar las similitudes o distancias en pares de bases o comparación de grupos. La determinación de la secuencia de nucleótidos del DNA ha representado un paso importante en la caracterización estructural inicial de los genes. Si ésta se conoce, es posible analizar cualquier fragmento de DNA para detectar regiones regulatorias, genes estructurales, intrones, etc., así como la secuencia de aminoácidos para la que codifica. Al respecto, procede señalar que el desarrollo de programas de computación, permiten comparar secuencias de DNA de diferentes orígenes de manera eficiente, siendo una herramienta poderosa para realizar este tipo de análisis. Actualmente, se dispone de bancos de información, donde pueden consultarse y compararse todas las secuencias de los genes y de los genomas y proteomas que han sido publicadas (Bolívar, 2004).

Son dos los procedimientos desarrollados originalmente para determinar la secuencia del DNA: la técnica enzimática ideada en 1975 por Sanger, Nicklen y Coulson y la técnica química elaborada por Maxam y Gilbert (1977). Ambos métodos descansan en el principio teórico de la generación de fragmentos de DNA de diferente tamaño según la posición de cada nucleótido en la cadena de DNA. Con el método químico, los fragmentos se obtienen por ruptura química de las bases, mientras que con la técnica enzimática los fragmentos se generan por síntesis de DNA utilizando una DNA polimerasa. El método enzimático es el que ha sido más usado debido a su gran eficiencia, ya que se pueden leer varios miles de nucleótidos en poco tiempo. Además, se ha desarrollado una amplia gama de vectores específicos que permiten obtener grandes cantidades de DNA de cadena sencilla, fácilmente purificables (Khon, 1992; Bolívar, 2004).

Reacción en cadena de polimerasa o PCR

La enzima DNA polimerasa que se utiliza por las células para la síntesis del DNA, es el elemento fundamental que sustenta la metodología de la “reacción en cadena de polimerasa” o PCR (por sus siglas en inglés). Mediante esta técnica poderosísima desarrollada por Mullis, es posible sintetizar, en pocas horas, millones de copias de

un gene o de una región específica de DNA, a partir de cualquier genoma. Para lograr este propósito, el DNA que se desea amplificar o copiar extensivamente, es desnaturalizado —separar a sus dos hélices— utilizando calor como primer paso. Posteriormente, a cada una de las dos hebras del DNA desnaturalizado, se les asocia por hibridación, un fragmento de DNA sintético de hélice sencilla. Esta región de doble hélice que se forma en ambas hélices sirve ahora como sustrato o “plantilla” para que la DNA polimerasa sintetice, de manera análoga a como lo hace *in vivo*, copias nuevas de las dos hebras de DNA, teniendo como molde las hebras originales. De esta forma, y como resultado de un primer ciclo de amplificación, se obtienen dos dobles hélices idénticas a partir de una doble hélice (Bolívar, 2004).

Para lograr una verdadera amplificación, la reacción se somete a varios ciclos alternos de calentamiento y enfriamiento para permitir el funcionamiento de la enzima de manera que el iniciador o primer sea utilizado para sintetizar cadenas nuevas de DNA de manera exponencial. La enzima DNA polimerasa obtenida de un microorganismo termorresistente, *Thermos aquaticus*, es una enzima que no se desnaturaliza por calor y que trabaja a altas temperaturas (72 °C). Esta propiedad permite desnaturalizar el DNA de interés para ser polimerizado sin destruir la enzima, y así se puede multiplicar rápidamente el número de copias de un fragmento específico de DNA. Es posible aislar y amplificar genes específicos, si se tiene la secuencia de un fragmento de DNA del propio gene o de una sección del DNA cercana al gene de interés —sin tener que clonar el gene— utilizando esta técnica de PCR (Bolívar, 2004).

2.2.3. Estudios moleculares en *Pleurotus* spp.

Ante este panorama, los hongos comestibles no se quedan al margen de estas tecnologías. Se ha determinado que el cariotipo electroforético en *Pleurotus*, el cual posee 11 pares de cromosomas, con tamaño cromosómico de 35 megabases (Larraya *et al.*, 1999). Se cuenta con un número confiable de marcadores genéticos, funcionales y anónimos, *e.g.*, RFLPs, RAPDs, SCARs, SSRs.

Matsumoto y Fukumasa-Nakai (1995), en un estudio sobre el uso del DNA mitocondrial para determinar las relaciones entre poblaciones de *Pleurotus ostreatus* mencionan que es relevante este uso de técnicas, ya que existe una gran variedad de genes relacionados con el proceso de fructificación. Así mismo, de acuerdo a sus estudios señalan que existen 3 diferentes fenotipos, que están correlacionados con el origen geográfico y son genéticamente divergentes. Por su lado, Vigalys y Lin, 1994, concuerdan con Matsumoto y Fukumasa-Nakai, al asegurar que los análisis filogenéticos moleculares son útiles para entender los patrones de la evolución y especiación en basidiomicetos bajo un contexto biogeográfico Bunyard *et al.*, (1996), mencionan que esta herramienta es útil en la clasificación genotípica para identificar cepas dentro de las especies que son producidas a escala comercial y así, desarrollar líneas mejoradas. En este estudio, se encontró que varias cepas eran consideradas diferentes, pero resultó que eran sinónimos. Así mismo, especies que eran consideradas como *P. cornucopiae* están estrechamente relacionadas con *P. ostreatus*, en cambio, algunas cepas comerciales fueron consideradas idénticas. Finalmente, sugiere que *Pleurotus ostreatus* es muy heterogéneo, especialmente si proviene de distinta localización geográfica.

2.3. Requerimientos físicos y nutricionales de *Pleurotus* spp.

2.3.1. Requerimientos nutricionales de los hongos

Los hongos del género *Pleurotus* son organismos saprófitos, los cuales tienen hifas con la capacidad de penetración tal que les permite degradar incluso materias primas estructuralmente complejas como madera y cutícula de insectos. Estos hongos producen enzimas que intervienen en la degradación de celulosa y lignina, obteniendo así su fuente de carbono y los nutrientes minerales necesarios para su desarrollo (Ritz, 2005; Fazenda, 2008). El carbono es necesario para los hongos por ser la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. Dada la importancia que tiene para la vida de las células, este elemento es lo que se requiere en mayores cantidades, el carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros (celulosa y lignina), carbohidratos, lípidos, etc. (Ritz, 2005;

Fazenda, 2008). Los carbohidratos como la glucosa, la manosa y la galactosa se encuentran entre las fuentes de carbono preferidas por las especies de *Pleurotus* (Sánchez- Vázquez y Royse, 2001). La peptona es la fuente de nitrógeno que da un rápido crecimiento micelial y formación de cuerpos fructíferos, mientras que los aminoácidos como la alanina, ácido aspártico, glicina y serina proporcionan rendimientos pobres (Sánchez-Vázquez y Royse, 2001), por lo que se deduce, que para inducir la formación de cuerpos fructíferos es importante mantener un balance entre las fuentes de carbono y nitrógeno (relación C/N).

2.3.2. Requerimientos físicos

Temperatura

García (2007), menciona que la temperatura de fructificación varía entre cepas; el mismo autor menciona que la observancia de una temperatura adecuada para el desarrollo del hongo incide directamente en el rendimiento obtenido. Por su parte, Gange *et al.* (2007), sostienen que estudios han demostrado que la fenología responde en gran medida a los cambios climáticos. Gricelda (1998), al estudiar la temperatura de incubación y fructificación óptima para *Pleurotus ostreatus* encontró que la temperatura de 29°C era la mejor. En otro estudio realizado en África con cepas de *Pleurotus sajor-caju*, se encontró que la temperatura óptima de crecimiento fluctuó entre 25 a 30°C (Kashangura *et al.*, 2006).

Humedad relativa

La humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo. La literatura reporta valores entre 60 y 95% para la mayoría de las especies de *Pleurotus* (Chang y Hayes, 1978). Los mismos autores mencionan que para *P. ostreatus* se ha observado que una humedad de 85-90% es más adecuada ya que una inferior al 80% resulta negativa para la formación de los carpóforos. Se ha visto que *Pleurotus spp.* puede ser una alternativa de producción en zonas áridas, pues al estudiar el cultivo de *Pleurotus sajor-caju* se encontró que el mayor crecimiento se logró un potencial osmótico menor a 0.5 Mpa. (Kashangura *et al.*, 2006).

Ventilación

La renovación de aire en la sala de fructificación debe ser constante porque el incremento en la concentración de CO₂ afecta sensiblemente el desarrollo de las especies de *Pleurotus*, aunque depende en gran medida de la cepa utilizada. Así mismo, se sugiere que las concentraciones superiores a 700 ppm pueden producir desde un ligero alargamiento del estípite, hasta la no formación del píleo, en tanto que a niveles superiores a 1,000 ppm pueden inhibir la fructificación. Aunque una ventilación insuficiente propicia la acumulación de CO₂, el exceso de ventilación puede producir resequedad del sustrato y de los cuerpos fructíferos (Chang y Hayes, 1978).

Luz

Guzmán *et al.* (2005), han observado que la iluminación produce variaciones en la pigmentación de los carpóforos y sustentan que mientras más luz incida sobre el píleo, más oscuro será éste. Finalmente, sugieren que la luz del día suele ser suficiente para obtener buenas fructificaciones y no se ha demostrado que iluminar más tiempo permita un mejor rendimiento. Arjona *et al.* (2008), realizaron estudios sobre el efecto de la luz en el crecimiento vegetativo de *Pleurotus ostreatus* sobre medio de cultivo sintético y mencionan que si se le cultiva bajo luz fluorescente blanca constante, se observa un crecimiento reducido en comparación con el cultivado en completa oscuridad. Por otra parte, Bermúdez (2002), en su estudio sobre el efecto de la luz en la concentración de microesteroides en *Pleurotus ostreatus* var. florida, cultivado en residuos de coco, encontró que la exposición del hongo a la luz a tiempos menores de 12 h disminuye la eficiencia biológica en un 68 % y el rendimiento en un 63 %. Este comportamiento lo atribuye al hecho de que en la oscuridad se manifiestan fenómenos de etiolación, o sea que el estípite de los cuerpos esporíferos se alarga y el píleo se reduce.

pH

En el cultivo de hongos comestibles, uno de los parámetros a considerar es el pH del sustrato a utilizar, se ha observado que *P. ostreatus* se desarrolla con un pH de 5.5, valores inferiores a 3 y superiores 6 afectaron su crecimiento (García, 2007). Por otro lado, Gicelda (1998), menciona que para *Pleurotus ostreatus* el pH óptimo para su desarrollo fue de 4.5 a 5.5. Así mismo, Kashangura *et al.* (2006), obtuvieron que *P. sajor-caju* creció bien a un pH de 6-10 y observaron un incremento gradual del pH a lo largo del crecimiento del hongo justificando que esta variación se debe a los metabolitos producidos por el hongo durante su crecimiento.

2.4. Proceso de cultivo

2.4.1. Medios de cultivo

Para el desarrollo del micelio de hongos en laboratorio, se emplean medios de cultivo sólidos que le proporcionan al hongo los nutrimentos necesarios para su desarrollo (García, 2007; Gaitán-Hernández, 2006). Por otro lado, Aguilar (2007), menciona que la utilización de cultivo líquido de micelio para la generación de “semilla” de hongos del género *Pleurotus*, permitió reducir en un 20% el tiempo de producción de semilla, comparado con el cultivo sólido del micelio obtenido en caja petri.

2.4.2. Aislamiento por medio de tejido

Este tipo de aislamiento es una de las formas más simples de obtener una cepa y el resultado es una copia idéntica del hongo del cual se ha obtenido el tejido. El hongo se corta longitudinalmente con una navaja y finalmente con la ayuda de unas pinzas estériles y frías, se toman fragmentos del micelio y se colocan en cajas de Petri con medio de cultivo para incubar por dos o tres días (Gaitán-Hernández, 2006).

2.4.3. La elaboración de inóculo

Esta fase se realiza en dos etapas:

- Inóculo primario.- es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa crecida en medio de cultivo.
- Inóculo secundario.- es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el sustrato elegido para la producción de hongos (García, 2007; Gaitán-Hernández, 2006).

2.4.4. Cultivo en sustrato sólido

Sustratos: es el medio en el cual se desarrollará el micelio del hongo que se desee cultivar. En la Tabla 3 se puede observar la productividad de los hongos del género *Pleurotus* spp. sembradas en paja de trigo y cebada, así como la calidad de los cuerpos fructíferos (Tabla 4). Pérez y Mata (2002), de acuerdo a su estudio realizado con cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* aseguran que tiene un mayor crecimiento micelial el primero en comparación con *pulmonarius*, al cubrir más rápido el sustrato compuesto de aserrín con valores de 11.7 mm² y 77.9 mm², en cambio *pulmonarius*, obtuvo valores de 9.7 mm² y 30 mm².

Tabla 3. Eficiencias biológicas citadas para *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* sembradas en paja de trigo y cebada.

Sustrato	CEPA	EB	TP	DAP	PP	T	Autor
Paja de trigo	CP-50 (<i>P ostreatus</i>)	142.8	1.57	NR	90.09	NR	Mora, 2004.
Paja de trigo	CP-11 (<i>P ostreatus</i>)	162.2	1.80	NR	90.1	NR	
Paja de trigo	CP-186 (<i>P ostreatus</i>)	136.6	1.92	NR	71	NR	
Paja de trigo	CP-50 (<i>P ostreatus</i>)	135.9	2.90	31	47	27.5	Ramírez, 2006.
Paja de trigo	CP-168 (<i>P ostreatus</i>)	111.6	2.36	32.7	47.7	27.5	
Paja de trigo	CP-297 (<i>P ostreatus</i>)	132.3	3.67	22.3	36.3	27.5	
Paja de cebada	IE-179 (<i>P ostreatus</i>)	71.9	1.38	20	52	27	Salmones <i>et al.</i> , 1997.
Paja de cebada	IE-180 (<i>P pulmonarius</i>)	75.6	1.3	25	64	27	
Paja de trigo	IE-226 (<i>P pulmonarius</i>)	80.47	NR	23	26	19	Vogel y Salmones, 2000.
	IE-227 (<i>P pulmonarius</i>)	58.8	NR	31	37	19	
Paja de trigo	1314 (<i>P ostreatus</i>)	64.8	NR	31	37	19	
Paja de trigo	IE-226 (<i>P pulmonarius</i>)	105.0	NR	NR	39	25	Duran, 1997.
Paja de cebada	IE-38 (<i>P ostreatus</i>)	97.78	2.21	14	29	27	Gaitán-Hernández y Salmones, 2008.
Paja de cebada	IE-126 (<i>P ostreatus</i>)	62.74	1.28	18	36	27	
Paja de trigo	<i>Pleurotus</i> spp	109.67	1.61	NR	68	18	Tepechco, 2001.

EB: Eficiencia biológica (%). TP: Tasa de producción (%). DAP: Días a primera cosecha. PP: Período de producción (Días). T: Temperatura (°C).

Tabla 4. Calidad de los cuerpos fructíferos registradas en *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* sembradas en paja de trigo.

Sustrato	Cepa	Peso de píleo (g)	Diámetro de píleo (cm)	Autor
Paja de trigo	CP-50 (<i>P. ostreatus</i>)	46.5	11.5	Ramírez, 2006.
Paja de trigo	CP-168 (<i>P. ostreatus</i>)	50.0	12.0	
Paja de trigo	CP-297 (<i>P. ostreatus</i>)	80.5	14.0	
Paja de trigo	IE-226 (<i>P. pulmonarius</i>)	NR	7.5	Vogel y Salmones, 2000.
Paja de trigo	IE-227 (<i>P. pulmonarius</i>)	NR	7.5	
Paja de trigo	1314 (<i>P. ostreatus</i>)	NR	6.5	

NR= no reportado.

2.4.5. Pasteurización

La pasteurización es un proceso que tiene por función disminuir la cantidad de organismos nocivos que pueden competir con el hongo en la utilización del espacio y de los nutrientes. Éste proceso, prepara al sustrato para una eficaz colonización por el hongo (García, 2007; Gaitán-Hernández, 2006; Ficior, 2006).

Pasteurización con agua caliente: Este método consiste en sumergir el sustrato en agua a 85°C durante un mínimo de 40 minutos (Guzmán *et al.*, 1995) y es el más utilizado en las zonas rurales, por su bajo costo de inversión. Al pasteurizar por inmersión en agua se debe sumergir el sustrato únicamente cuando el agua haya alcanzado la temperatura de pasteurización para provocar un choque térmico que difícilmente soportarán los organismos que se encuentren en el sustrato (Ficior, 2006). Se ha indicado que existe un efecto de lavado de nutrientes durante la inmersión que puede resultar negativo en rastrojos viejos por pérdida de nutrientes para *Pleurotus* spp., pero puede resultar benéfico en rastrojos recientes porque al disminuir el contenido de azúcares solubles previene el antagonismo de otros hongos y da mejores rendimientos. Sin embargo, tiene sus limitaciones porque es ineficiente desde el punto de vista energético, lo que la hace operable sólo cuando se trabaja a muy pequeña escala (García *et al.*, 2007; Gaitán-Hernández, 2006).

2.4.6. Siembra

La siembra se refiere a la mezcla homogénea del inóculo con el sustrato en condiciones de asepsia. Para una siembra eficiente debe tomarse en cuenta, además de la cepa y del sustrato, el estado fisiológico del organismo, la tasa de inoculación y una higiene rigurosa (García *et al.*, 2007; Gaitán-Hernández, 2006; Fazenda, 2008).

La tasa de inoculación es la cantidad de inóculo (semilla) que se usa en función de la cantidad de sustrato que se pretende inocular, aunque su concentración afecta su biomasa micelial (Fazenda, 2008). En el caso de especies de *Pleurotus* se usan tasas de inoculación que varían 3 al 5% del peso húmedo del sustrato. La definición de este valor depende de las características tanto de la cepa y del inóculo, como del sustrato donde se siembra. Mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor será el costo por compra de inóculo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato. Además, a mayor tiempo de colonización mayor será el riesgo de contaminación (García *et al.*, 2007). Las dimensiones de las bolsas usualmente son 40×60 cm o de 60×90 cm y con una resistencia de hasta 15 kg. Generalmente al usar bolsas de polietileno, se perforan de tal manera que solo el 2% de la superficie de la bolsa quede expuesta al aire y así para mantener la humedad del sustrato. Esto evita la deshidratación del sustrato y estimula la formación de carpóforos grandes (Guzmán *et al.*, 1995).

2.4.7. Incubación

La incubación es la etapa que permite la colonización del sustrato por el hongo, de preferencia a temperatura y humedad óptimas. Durante esta etapa, se debe proporcionar al hongo una temperatura constante acorde con sus requerimientos, para que la colonización se lleve a cabo con la tasa de crecimiento más alta posible (García *et al.*, 2007).

2.4.8. Riegos

Generalmente es necesario aplicar riegos en la época de fructificación, en algunas horas del día para aumentar la humedad y evitar que el sustrato se deshidrate. Los riegos pueden hacerse, según la necesidad, como pulverizaciones hacia el ambiente o directamente hacia el sustrato. Cuando las condiciones de humedad son satisfactorias, el incipiente píleo de los primordios o botones deberá presentar un aspecto suave, terso, carnoso, limpio y brillante, de lo contrario probablemente se requiera un riego. Cuando se mojan demasiado, los cuerpos fructíferos presentan un aspecto blando, aguado y amarillento, generalmente producido por contaminaciones bacterianas (García *et al.*, 2007; Gaitán-Hernández, 2006).

2.4.9. Fructificación y cosecha

Después de la incubación, cuando el micelio ha colonizado el sustrato totalmente, se deben mantener los rangos óptimos ambientales de temperatura, humedad y luz, para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos (García *et al.*, 2007; Gaitán-Hernández, 2006). Una vez desarrollados los primordios, cubren la totalidad de la superficie del “pastel”, llegando a su madurez comercial, listos para ser cosechados. Al cosechar se debe observar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible (García *et al.*, 2007; Gaitán-Hernández, 2006).

Los índices de cosecha en el caso de hongos se realiza tomando en consideración su tamaño y la convexidad del píleo, es decir antes de que sus bordes sean planos (Gaitán *et al.*, 2006), ya que los hongos jóvenes se conservan más tiempo después de cosechados con relación a los más viejos (Álvarez, 2000).

2.4.10. Estimación de la productividad

La productividad es una de las características más importantes consideradas en el cultivo de hongos y es utilizada para determinar si la cepa se puede utilizar para el cultivo comercial. Para ello se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros (Gaitán-Hernández, 2006).

- 1) Tiempo de incubación. Tiempo transcurrido a partir de la siembra hasta que las muestras se colocan en condiciones de fructificación. Se toma en cuenta la temperatura de incubación y el factor iluminación.
- 2) Aparición de primordios. Este parámetro está en estrecha relación con el anterior, está bajo el control de varios factores tales como la aireación e iluminación.
- 3) Tiempo transcurrido en la obtención de la primera cosecha. Es el tiempo transcurrido a partir de que la muestra se colocó en producción hasta el primer corte de hongos en estado maduro; es importante que este periodo sea lo más breve posible.
- 4) Hongos o cuerpos fructíferos producidos. La evaluación de los hongos se basa en su calidad comercial, como son el color, sabor, olor, tamaño y peso fresco.
- 5) La eficiencia biológica se determina expresando en porcentaje la relación entre peso fresco de los hongos producidos y el peso seco de sustrato (peso de hongos frescos/peso del sustrato X 100).
- 6) La tasa de producción se determina mediante la relación de la eficiencia biológica entre el número total de días de evaluación, a partir del día de inoculación (Eficiencia biológica %/días de evaluación).

2.4.11. Plagas y enfermedades

Las plagas generalmente atacan en dos fases del cultivo: incubación y área de producción (Jess, 2007), debido a que son atraídos por el olor del sustrato y el micelio, estos insectos son las llamadas “moscas de los hongos” (Gaitán-Hernández, 2006). Las principales plagas pertenecen a los Dípteros del género *Lycoriella ingenua* (Dufour) y *Megaselia halterata* (Wood) los cuales ponen sus huevecillos en el sustrato donde, en principio, se alimentan del micelio del hongo y después de las fructificaciones adultas (Zanon *et al.*, 2005; Jess, 2007). Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas “catarinas”, pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudyschirus* que se comen los hongos en desarrollo (Gaitán-Hernández, 2006).

Las enfermedades pueden estar causadas por hongos patógenos, bacterias y virus (Zanon *et al.*, 2005). Los mismos autores señalan que se relaciona la ausencia de fructificaciones de *Pleurotus spp.* con la acidificación del sustrato producida por la contaminación con hongos del género *Trichoderma spp.* que reduce el pH del mismo a niveles por debajo del requerido por *Pleurotus spp.* para su desarrollo. En lo referente a las enfermedades causadas por bacterias, son consideradas como la principal causa de pérdidas en el cultivo de hongos, siendo *Pseudomonas tolosii* (Paine) y *Pseudomonas agarici* (Young) las de mayor importancia (Gaitán-Hernández, 2006). Respecto a virus, los micovirus fueron descubiertos como agentes causales de enfermedades de las setas en el año 1960 debido a la aparición de una enfermedad en *Agaricus bisporus* (J. Lange) Imbach llamada enfermedad de "La France" o "enfermedad X" (Zanon, 2005).

2.5. Postcosecha

2.5.1. Hongos frescos

Los hongos comestibles frescos deberán estar sanos, esto es, no echados a perder; limpios, firmes, no dañados y exentos, en lo posible de estragos. Tener el olor y sabor propios de su especie (Codex Stan 38-1981). De acuerdo a esta norma, los hongos dañados son aquellos que les falta $\frac{1}{4}$ de píleo, mientras que los hongos deteriorados son hongos de color parduzcos o podridos como consecuencia del ataque de microorganismos o mohos. Por otra parte, Burton y Twining (1989), señalan que la calidad comercial de hongos comestibles está determinada en gran medida por la frescura, blancura, limpieza y uniformidad del píleo.

2.5.2. Envasado, almacenamiento y transporte

El envase utilizado para hongos frescos deberá estar perforado a fin de permitir que el aire pase libremente. El producto deberá mantenerse a una temperatura baja, que conserve su calidad durante el transporte, almacenamiento y distribución hasta el momento de su venta final (Codex Stan, 38-1981). Ancona *et al.* (2009), mencionan que las cadenas comerciales de tiendas de autoservicio empaacan los hongos en charolas de poliestireno cubiertas con película plástica auto adherible que, aunque

costosa, se justifica por el alto valor del producto, las cuales tienen tamaños y precios diferentes, pero que fluctúan entre 200 y 500 g y las conservan en refrigeración a temperaturas alrededor de 4⁰C con el fin de reducir la respiración y la transpiración, alargando la vida de anaquel.

2.5.3. Sistema postcosecha

El sistema postcosecha es un conjunto de procesos técnicos y operativos que engloban desde el acopio del producto hasta la comercialización y cuyo funcionamiento permite garantizar la conservación adecuada de los productos agrícolas para satisfacer así la demanda de los consumidores (Lamua, 2000). Sin embargo, el tiempo de anaquel limitado de los hongos ha sido uno de los obstáculos que han impedido hasta cierto punto su difusión y aceptación masiva en la mayoría de las familias mexicanas, las cuales demanda producto fresco de buena calidad. En general, los pequeños productores no cuentan con tecnología para prolongar la vida de anaquel de los hongos. Por tal motivo, la conservación del producto se vuelve un problema a resolver, debido, a que una buena parte de la producción se pierde así, dado que se carece de mercado que absorba con prontitud la totalidad del producto. Los procesos fisiológicos en postcosecha: respiración y transpiración. Mientras que el proceso de transpiración es un fenómeno físico que se ve reflejado en la pérdida de peso y, por lo tanto, en pérdidas económicas, el de respiración es un proceso oxidativo que implica mecanismos bioquímicos complejos que generan energía traducida en calor y se ve reflejado en el color, sabor y olor (Lamua, 2000).

2.5.4. Intensidad respiratoria

Según Lamua (2000), un producto que tenga una tasa respiratoria mayor a 40 mg CO₂.kg⁻¹.hr⁻¹ son altamente perecederos y solo tienen un tiempo potencial de días como es el caso particular de *Pleurotus ostreatus*. Los hongos comestibles poseen corta vida de anaquel, lo cual se debe a que presentan muy altas tasas de respiración. En condiciones de aire normal su tasa es de 600 mg de producción de CO₂/kg/hr a una temperatura de 18⁰C (Burton, 1991), mientras que el esparrago es de 127 mg a 20⁰C.

Hardenburg (1988), menciona que la tasa de respiración se incrementa aceleradamente a medida que se aumenta la temperatura desde 28.44mg/kg/h. a 0°C; 100 mg/kg/h a 10°C y aumenta hasta 264-326 mg/kg/h a 20 y 21°C. Álvarez (2000), menciona que los hongos de *Pleurotus ostreatus* almacenados con cubierta película transparente PVC tuvieron una tasa de de 65.9 ml de CO₂/kg/h al segundo día y declino gradualmente hasta llegar al onceavo día a 50.7 ml de CO₂/kg/h.

2.5.5. Temperatura de almacenamiento

La prolongación de la vida comercial de los cultivos es posible mediante varios tratamientos aplicados en la etapa postcosecha. El más importante de estos es el manejo de la temperatura de almacenamiento, ya que se hace necesario bajar rápidamente la temperatura de campo del producto después de la cosecha, para lograr su estabilización y reducir su actividad metabólica (Villaescusa y Gil, 2003). Estos autores mencionan que la mejor temperatura de almacenaje a 7 y 11 días fue a 0°C por ser la que mejor conservaba a los cuerpos fructíferos, e inaceptable a 4 y 7°C. El aroma típico del hongo decreció en gran medida a las once días y se presentó amarillentos los cuerpos fructíferos, lo que no sucedió almacenados a 0°C ya que mantenía la misma intensidad de color. La textura se vio disminuida a 4 y 7°C, por lo que concluye que *Pleurotus ostreatus* se mantiene con características físicas aceptables por 7 días a una temperatura de 1°C.

Lamua (2000), asegura que las temperaturas próximas al grado de congelación son las adecuadas para inhibir los procesos de respiración y traspiración y los mecanismos bioquímicos asociados a la senescencia.

2.5.6. Pérdida de peso

La pérdida de peso de los hongos, se debe a la diferencia de presiones de vapor entre el interior del producto y el medio ambiente (también llamada déficit de presión de vapor), así como a la superficie total de la traspiración y de la resistencia de la superficie a la traspiración.

La pérdida de agua produce la pérdida de peso y es la principal causa en la disminución de la calidad sensorial. Villaescusa y Gil (2003), mencionan que se obtuvo mayor pérdida de peso a medida que aumenta la temperatura, 0.6% a 0°C y 4°C y 1.6% a 7°C por 7 días, y se perdió 2% a 0 y 4°C y 2.5 a 7°C por 11 días. Por lo que recomiendan que la mejor temperatura de almacenamiento sea a 0°C.

2.5.7. Determinaciones biofísicas

La composición de los alimentos se caracteriza por un elevado contenido en agua e hidratos de carbono, lípidos, proteínas y vitaminas, sustancias altamente inestables y su degradación incide directamente sobre la calidad sensorial (textura, sabor, color etc.) y nutritiva. Así mismo, son sustratos esenciales para el desarrollo de microorganismos como levaduras y bacterias (Lamua, 2000).

Uno de los factores que contribuyen a la pérdida de calidad es el cambio de color, que es causado principalmente por la acción de la enzima tirosinasa, la cual se activa como resultado del envejecimiento postcosecha, por el daño mecánico e infección bacterial. Esta enzima tiene la función de catalizar la oxidación de fenoles, así como de la 0-difenol oxidasa (polifenol oxidasa) (García y Solano, 2002). Cuando los hongos seta son almacenados a 15°C sufren daños después de siete días, pues el píleo y las laminillas se tornan oscuras, se pierde la turgencia de los receptáculos y los píleos se tornan pastosos, además de ocurrir un fenómeno conspicuo, que es el desarrollo de hifas sobre la superficie del píleo y laminillas. En cambio, después del almacenamiento durante una semana a 8°C, la calidad de los hongos es aún aceptable, aunque aún se presentan alteraciones principalmente en el color y firmeza, en comparación con los hongos almacenados a 1 y a 3.5°C (Álvarez, 2000). El mismo autor menciona que los hongos almacenados a 3°C, empacados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC y cosechados antes de su madurez comercial mostraron pérdidas del 80% de su peso inicial y los hongos cosechados en la madurez comercial perdieron el 81% después de 11 días de almacenamiento.

2.6. Evaluación sensorial de alimentos

El análisis sensorial o evaluación sensorial es una disciplina científica (Pedrero y Pangborn, 1989) y multidisciplinaria (Wats *et al.*, 1992) que permite definir, medir, analizar e interpretar las características de un producto, utilizando para este propósito los órganos de los sentidos bajo la consideración de que no existe ningún instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana por lo que se dice que es subjetiva (Charley, 1999). Las características físicas y químicas de los alimentos causan estímulos sobre los órganos de los sentidos haciendo posible la percepción de impresiones visuales, gustativas, olfativas y táctiles que hacen que el individuo acepte o rechace un alimento. Esta aceptación o rechazo es susceptible de ser medida con la ayuda de diferentes pruebas sensoriales (Wats *et al.*, 1992).

Esta técnica que se utiliza, de manera general, para el desarrollo de un nuevo producto, el estudio de la influencia de modificaciones en la formulación o en el proceso de fabricación del producto y situar el producto frente a la competencia (Pedrero y Pangborn, 1989). Toda prueba que incluya análisis sensoriales debe llevarse a cabo bajo condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados, solo de esta manera el análisis sensorial podrá producir resultados consistentes y reproducibles.

2.6.1. Percepción visual

La sensación visual resultante de la luz, de la que depende la percepción de forma y color de los objetos. El color de los alimentos contribuye en gran medida a nuestra apreciación estética de ellos. Además de proporcionar el placer, el color de los alimentos se asocia con los atributos (Charley, 1999).

2.6.2. Sabor en los alimentos

Los órganos sensoriales de nariz y boca se utilizan para obtener información adicional acerca de la calidad de un alimento, estas sensaciones se incluyen bajo el título de sabor, el cual tiene tres componentes: olor, gusto y sensaciones compuestas conocidas como “sensación bucal”.

2.6.3. Pruebas orientadas al consumidor

En las pruebas orientadas al consumidor, se selecciona una muestra aleatoria numerosa compuesta de personas representativas de la población. En estas pruebas no se hace uso de panelistas entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial, pero si usuarios del producto. Las entrevistas deben realizarse en un lugar central tal como un mercado, escuela, etc. (Wats *et al.*, 1992). Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas que se refiere al grado en que gusta el producto.

2.6.4. Pruebas hedónicas

Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas que comúnmente van desde: me gusta mucho, no me gusta, hasta me disgusta mucho y los panelistas seleccionan la categoría que ellos creen que merece la muestra (Wats *et al.*, 1992). Para realizarla, se les pide a los panelistas indicar si les agrada cada muestra en una escala de 7 a 9 puntos. Debido a que el proceso es caro, se utilizan paneles internos (paneles piloto) de consumidores en la etapa inicial de estudios de aceptabilidad del producto por personal no especializado. Estas pruebas se utilizan por ser más fáciles de organizar y por tener características similares a la población real a estudiar (Wats *et al.*, 1992).

2.6.5. Áreas básicas de pruebas sensoriales

Son áreas de preparación de alimentos, las cuales pueden ser instalaciones convencionales; área del panel, esta debe ser un área separada para reducir distracciones: material y equipo para servir las muestras, estos deberán ser nuevos y utilizados solo para las pruebas sensoriales, los utensilios más comunes son recipientes con tapas, cucharas, servilletas, termómetros, balanzas, probetas, etc.

2.6.6. Preparación y toma de muestras de los alimentos

Las muestras deberán de ser representativas de todo el lote y calcular el tamaño de la muestra que generalmente es de 10 a 30 gr en alimento sólido y 15 ml en alimento líquido. La muestra debe presentarse a la temperatura que generalmente se consume ese alimento. La presentación de muestras es en recipientes idénticos y codificados con números aleatorios de tres dígitos, la presentación de las muestras debe ser aleatorizado (Wats *et al.*, 1992). Todas las muestras para porciones sensoriales deberán de prepararse mediante un método estandarizado, para eliminar la posibilidad de efectos de la preparación, como por ejemplo el volumen de agua, tiempo de cocción, dimensiones del recipiente, temperatura etc.

2.6.7. Escalas de medición

Existen diferentes escalas de medición: nominal, ordinal, de intervalo y racional. Los especialistas en pruebas sensoriales clasifican a las pruebas en afectivas (orientadas al consumidor), las cuales tienen como objetivo evaluar de acuerdo a un criterio personal y subjetivo, si la muestra es aceptable o rechazada para el consumo (Pedrero y Pangborn, 1989) y analíticas (orientadas al producto). Las pruebas empleadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos se conocen como pruebas orientadas al consumidor (Pedrero y Pangborn, 1989).

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La producción de hongos comestibles es relativamente sencilla y de bajo costo, por lo que una gran cantidad de pequeños productores rurales han incursionado en esta actividad, pero por un reducido número de cepas ofertadas a los productores, hace que la producción sea estacional en climas templados, riesgosa por la presencia de plagas y enfermedades debido a la nula rotación de cepas para su cultivo, difícil manejo postcosecha y sin tomar en cuenta las necesidades y preferencias del consumidor lo que hace que esta actividad no sea rentable y, por lo tanto, no abarque más superficie de producción. Ante este panorama, es necesario caracterizar y seleccionar genotipos de cepas comerciales de “setas” (*Pleurotus*) a ciertas condiciones climáticas.

Para propiciar la producción rural de hongos comestibles del género *Pleurotus* en el municipio de Cuyoaco, no sólo es necesario conocer el material biológico a utilizar, sino seleccionar cepas adaptadas a la zona en cuanto a producción, con larga vida de anaquel y que sean preferidas por el consumidor final, ya que en la actualidad no existen estudios previos realizados en la región. La producción rural de hongos comestibles en la región puede ser utilizada como estrategia productiva que contribuya al cultivo y consumo de hongos para mejorar la calidad de vida en el municipio.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar a nivel molecular y morfológico diferentes genotipos comerciales del género *Pleurotus* spp. para promover su cultivo en la región central del Estado de Puebla.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Caracterizar molecular y morfológicamente diversos genotipos comerciales de “setas” (*Pleurotus*).
- Seleccionar cepas que sean precoces, productivas, y de larga vida de anaquel en las condiciones ambientales del municipio de Cuyoaco, Puebla.
- Determinar las preferencias y percepciones del consumidor final, en cuanto a sabor, calidad visual, aroma, consistencia en el mercado regional de Libres, Puebla.

5. HIPÓTESIS

Dentro de los genotipos comerciales de “setas” (*Pleurotus*) existen cepas que pueden adaptarse a las condiciones ambientales de la zona de estudio y cumplir con las preferencias de los consumidores locales y de los productores rurales de hongos comestibles.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1. Zona de estudio

El municipio de Cuyoaco se localiza en la parte centro-norte del estado de Puebla, Colinda al norte con Zautla y Tlatlauquitepec, al sur con Libres, al este con Tepeyahualco y Chignautla, al oeste con Ixtacamaxitlán y Ocoatepec (Enciclopedia de los estados) (http://emexico.gob.mx/work/EMM_1/Puebla/Mpios/21044a.htm). La localidad donde se llevó a cabo el presente trabajo fue en la comunidad de San Andrés Payuca perteneciente al municipio de Cuyoaco, Puebla (Figura 4). El clima de la región con base a la clasificación climática de Köppen modificada para la República Mexicana por García (1973), pertenece al grupo de los templados C(wo)(w), siendo el menos húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano, la temperatura media anual está entre los 12 y 18°C, la temperatura del mes más frío está entre los -3 y -10°C durante los meses de diciembre-febrero, la precipitación de la región oscila entre los 400 a 600 mm anuales. Los vientos predominantes en el lugar varían de 40 a 60 km/h a una altitud de 2224 msnm.

Figura 4. Vista aérea de la localización del experimento en el municipio de Cuyoaco, Puebla.



- A: Carretera de cuota Puebla-Teziutlán.
- B: Centro de la comunidad de San Andrés Payuca.
- C: Carretera Libres-Payuca.
- i: Experimento.

6.2. Material biológico

El material biológico utilizado en la presente investigación se encuentra depositado en el CREGENHC (Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles) del Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla. Las cepas se mantuvieron y sembraron en agar extracto de malta (EMA, Bioxon). La clave y la procedencia se pueden ver en la Tabla 5.

Tabla 5. Material biológico utilizado en el presente estudio.

CEPA	ESPECIE	PROCEDENCIA	DONACION O INTERCAMBIO
CP-11	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	ALEMANIA	
CP-16	<i>P. pulmonarius</i> (fr.) Quél	HONG KONG	
CP-21	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Productor
CP-22	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Hongos Leben
CP-23	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	UNAM
CP-50	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	ALEMANIA	Cepa del Colegio de Postgraduados
CP-186	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Hongos Leben
CP-193	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Productor de. Estado de Hidalgo, México
CP-196	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Feria Cuajimalpa
CP-201	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Productor del Edo. De México.
CP-240	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Productor del estado de Puebla.
CP-281	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	ESPAÑA	Hongos Leben
CP-291	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Productor del estado e Michoacán, México.
CP-300	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Cepa Híbrida del Colegio de Postgraduados
CP-327	<i>P. ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.	COMERCIAL	Productor del Estado de Puebla.
CP-528	<i>Pleurotus</i> spp.	COMERCIAL	Hongos Monteblanco
CP-531	<i>Pleurotus</i> spp.	COMERCIAL	Hongos Petrita

6.3. Aislamiento del ADN, amplificación del ITS y secuenciación

El micelio de cada una de las cepas se cultivó en medio líquido CYM el cual está compuesto por: 20 g de dextrosa, 2 g de peptona, 2 g de extracto de levadura, 0.5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.46 g de KH_2PO_4 , 1 g K_2HPO_4 , en un litro de agua destilada. Una vez desarrollado el micelio, se cosechó con una espátula estéril y se colocó en papel filtro estéril para eliminar el exceso de medio de cultivo, posteriormente se transfirió en tubos Eppendorf de 1.5 ml. estériles y se sumergieron en nitrógeno líquido. Posteriormente, se guardaron a -20°C hasta su liofilización en un Freeze Dry System/freezone 4.5 (Labconco, E.U.A.). La extracción del ADN se llevó a cabo por el método de Challen *et al.*, (1995). El ADN obtenido se visualizó y cuantificó en geles de agarosa al 1% con bromuro de etidio de acuerdo con Sambrook *et al.*, (1989). La amplificación de la región ITS se realizó usando los primers o iniciadores ITS1 e ITS4 (White *et al.*, 1990). Las condiciones del PCR fueron las siguientes: 1 ciclo de 94°C durante 1 min.; 25 ciclos de 94°C , 30 seg; 50°C , 45 seg; 72°C , 5 min; y un ciclo final de 72°C , 5 min. Los productos del PCR se visualizaron y cuantificaron en gel al 1% de agarosa con bromuro de etidio (Sambrook *et al.*, 1989). Los productos del PCR se purificaron con el QIAQUICK PCR purification Kit (QIAGEN, USA) y enviados para su secuenciación a la empresa SEQWRIGHT, INC. Houston Texas, USA.

Análisis filogenético: el alineamiento de las secuencias se llevó a cabo por el método de CLUSTALW, usando como grupo externo a *Hohenbuehelia*, por medio del programa MEGA4 (Tamura *et al.*, 2007). El análisis filogenético se realizó usando el criterio de Máxima Parsimonia por medio del programa MEGA 4 (Tamura *et al.*, 2007).

6.4. Producción de cuerpos fructíferos y caracterización morfológica

6.4.1. Fases de producción

La presente investigación se realizó en dos fases: En el módulo experimental del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, durante los meses de diciembre 2009 a febrero 2010, para evaluar el comportamiento de las cepas en invierno. La segunda fase se realizó en la comunidad de San Andrés Payuca, municipio de Cuyoaco, Puebla, en una galera rustica, durante los meses de marzo a mayo del 2010, para evaluar el comportamiento de las cepas en primavera.

6.4.2. Preparación de inóculo

La semilla se preparó a base de granos de trigo, los cuales se hirvieron en agua por 20 minutos. Posteriormente, los granos de trigo se dejaron hidratar por otros 20 minutos, después de este tiempo se removieron del calor y fueron vaciados en una tina para eliminarles el exceso de humedad. Una vez que los granos tuvieron la humedad adecuada, se les agregó 4 gramos de cal y 12 gramos de yeso por cada kilogramo de trigo en peso seco. Una vez homogenizado se colocaron en frascos de vidrio de 1 l de capacidad y se esterilizaron a 121°C durante 1 hora y media. Posteriormente, los granos se inocularon, colocando la placa de agar de cada una de las cepas bajo condiciones asépticas. Los frascos inoculados se incubaron bajo condiciones ambientales hasta la completa colonización de los granos por parte del micelio (Stoller, 1962).

6.4.3. Preparación del sustrato

Se utilizó paja de trigo como sustrato, la cual se pasteurizó por inmersión en agua caliente (más o menos 85°C) a la cual previamente se le agregó productos químicos (Tabla 6) por una hora. Posteriormente, se dejó escurrir y enfriar por 30 min.

6.4.4. Análisis del sustrato

Una vez pasteurizado y frío, se procedió a tomar 3 muestras de sustrato para su análisis, las cuales se pesaron en una balanza analítica (Ohaus, E:U:A). Las muestras con peso conocido se colocaron en un horno (Felisa, México) para su

secado a 90°C durante 24 h. Posteriormente, las muestras se pesaron nuevamente hasta obtener el peso seco constante. El contenido de humedad se determinó con la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

Para la determinación de pH del sustrato, se pesó 20 g de sustrato y se le agregó 20 ml de agua destilada en un recipiente para molerlo, y se midió el pH y la temperatura del sustrato mediante potenciómetro (Conductronic) previamente calibrado.

Tabla 6. Ingredientes del sustrato utilizado para el cultivo de *Pleurotus* spp.

Ingredientes	Unidad	Cantidad
Paja de cebada húmeda	g	5000
Paja de cebada seca (Colegio de Postgraduados)	g	1013.5
Paja de cebada seca (Cuyoaco)	g	839.8
Agua para pasteurización		
Agua	l	160
Cal [Ca(OH) ₂]	g	3200
Yeso [CaSO ₄]	g	800

6.4.5. Siembra y fructificación

El sustrato pasteurizado se colocó en bolsas de polietileno previamente perforadas con dimensiones de 40X60 cm y una capacidad de 5 kg por unidad experimental. Posteriormente se sembró homogéneamente con el inóculo de cada una de las cepas. La incubación se realizó a una temperatura media de 20.3°C y la fase de fructificación en el módulo experimental de hongos comestibles con 3 riegos al día y aireación constante (extracción de aire por 1h, cada 8 horas) para mantener los niveles de CO₂, bajo una temperatura media de 13°C y una humedad relativa 76%, y luz diurna indirecta.

La segunda fase del experimento se desarrolló en la comunidad de San Andrés Payuca, Municipio de Cuyoaco para lo cual se utilizó una área rústica, con piso y paredes de cemento y lámina galvanizada donde se incubaron y fructificaron las cepas con una temperatura media de 30°C, luz diurna indirecta, y aireación mediante la abertura de puertas y ventanas por una hora. La humedad relativa se mantuvo por medio de riegos sobre bolsas, piso y paredes con la ayuda de una aspersora manual.

6.4.6. Diseño experimental

Ambos experimentos se colocaron bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y un testigo (CP-50 de *Pleurotus ostreatus*), por ser la cepa que comúnmente se vende a los productores.

6.4.7. Caracterización morfológica de las cepas comerciales

La caracterización morfológica se realizó de acuerdo a los caracteres mencionados por Delgado *et al.*, (2005) y la medición de las dimensiones se realizó empleando una regla convencional.

6.4.8. Variables a evaluar

Las variables se evaluaron de acuerdo a las metodologías establecidas por Kurtzman y Zadrazil, 1981; y Guzmán *et al.*, 1995.

1. Periodo de producción de las cepas. Se obtuvo determinando el número de días transcurridos desde la inoculación del sustrato hasta la aparición de los primordios de fructificación (DAP) y la obtención de la primera cosecha (DPC) y la segunda cosecha (DSC).
2. Calidad de cuerpos fructíferos. Este parámetro se evaluó tomando en cuenta el peso de los cuerpos fructíferos (PF), la dimensión de píleo (DP) y estípite (DE) y el color del cuerpo fructífero maduro (CF).
3. Eficiencia biológica (EB). Se determinó dividiendo el peso húmedo de los cuerpos fructíferos entre el peso seco del sustrato empleado al momento de la inoculación.

4. Tasa de producción (TP). Se obtendrá dividiendo la eficiencia biológica (EB) entre el periodo de producción de las cosechas en días.

6.4.9. Análisis estadístico

Para evaluar la diversidad de cepas comerciales de *Pleurotus* spp, los datos se sometieron a un análisis de varianza de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar, con cinco replicas y posteriormente se realizó una prueba de rangos múltiples Tukey con $P \leq 0.05\%$ con la ayuda del paquete SAS system for Windows 9.0. según la aplicación para SAS (Herrera y Barreras, 2005).

6.5. Análisis de la vida de anaquel

6.5.1. Análisis del contenido de humedad y pH de los cuerpos fructíferos

Para determinar el contenido de humedad de los cuerpos fructíferos de las diferentes cepas comerciales estudiadas, se procedió a pesar los hongos en una balanza analítica (Ohaus, EUA). Las muestras con peso conocido se colocaron en un horno (Felisa, México) para su secado a 90°C durante 24 h. Posteriormente, las muestras se pesaron nuevamente hasta obtener el peso seco constante, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso}}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

Para la determinación de pH de los cuerpos fructíferos, se pesaron 20 g de hongos y le agregó 20 ml de agua destilada en un recipiente para después molerlo; posteriormente, se procedió a medir el pH y la temperatura del sustrato con un potenciómetro previamente calibrado.

6.5.2. Empaque de los cuerpos fructíferos

Los cuerpos fructíferos de las diferentes cepas fueron separados de impurezas, hongos maltratados y se les cortó el estípite a dos centímetros aproximadamente. Posteriormente, se empacaron 150 g de hongos en charolas de poliestireno con cubierta protectora “película transparente PVC” y se almacenaron en un refrigerador convencional (Figura 5) bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, cuyo testigo fue la cepa CP-50 por ser el material biológico que usualmente se utiliza para vender a los productores.

Figura 5. Empacado y almacenamiento de los cuerpos fructíferos de las diferentes cepas comerciales.



6.5.3. Variables a evaluar

Fisiológicas: determinación de la pérdida de peso para cada una de las unidades experimentales el cual se cuantifico a base de porcentaje según la siguiente fórmula:

$$\%PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde: %PP: porcentaje de pérdida de peso.

Pi: Peso inicial de cuerpos fructíferos en gramos.

Pf: Peso del cuerpo fructífero al final del periodo de almacenamiento.

Determinaciones físicas:

- Calidad visual.
- Olor.
- Textura.
- Presencia de mohos.

Estas se midieron de manera manual y visual, cuantificadas mediante una escala de 7 puntos.

6.5.4. Análisis estadístico

Para evaluar la vida de anaquel de las diferentes cepas comerciales de *Pleurotus* spp, los datos se sometieron a un análisis de varianza de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, con tres replicas y posteriormente se realizó una prueba de rangos múltiples Tukey con $P \leq 0.05\%$ con la ayuda del paquete SAS System for Windows 9.0. según la aplicación para SAS (Herrera y Barreras, 2005).

6.6. Análisis sensorial

Para determinar cuál es la cepa que el consumidor final prefiere, se realizaron pruebas de degustación. La primera también llamada prueba piloto de acuerdo a lo que menciona Watts *et al.* (1992) se realizó con 15 personas que laboran en el laboratorio de hongos comestibles y el personal del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla. En una segunda fase, se realizó una prueba sensorial que tuvo lugar en la Ciudad de Libres, Puebla, por ser el mercado más cercano al experimento (municipio de Cuyoaco), para lo cual se tomó una muestra aceptable de acuerdo a la fórmula siguiente, planteada para poblaciones no conocidas:

$$N = \frac{Z_{\alpha} * P * Q}{\%E}$$

Donde:

N: Tamaño de muestra.

Z: Valor de Z en Tablas (1,96 para el 95% de confianza)

P: Porcentaje de éxito

Q: 1-P

%E: Error admitido por el investigador.

6.6.1. Preparación de los cuerpos fructíferos

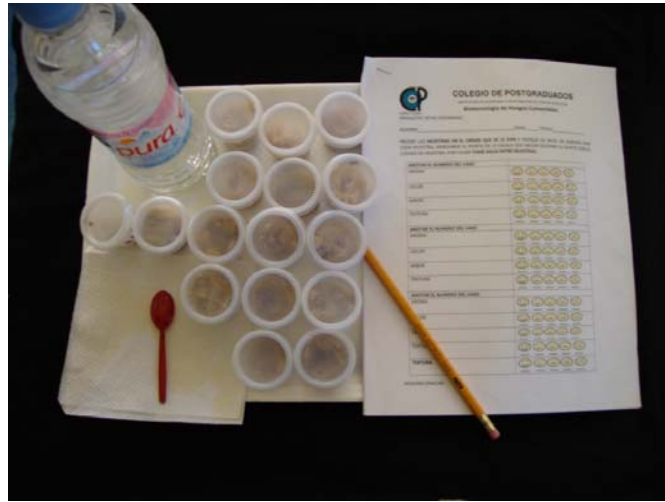
La preparación de cada una de las muestras se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles para el caso de la prueba piloto. En el caso de la segunda prueba hedónica realizada en la ciudad de Libres, Puebla, los cuerpos fructíferos (hongos) se prepararon en una cocina convencional como se menciona a continuación:

1. Se cortaron en cuadros pequeños y pesaron 250 gr en una balanza analítica.
2. Se pre calentó una sartén nueva de teflón, en el que se le vertió 5 ml de aceite (Capullo) una vez calentado a fuego medio durante un minuto.
3. Se vertieron los 250 gramos de hongo fresco y se le agregó el 1% de sal de acuerdo con Charley (1999) y se cocinaron fuego medio por 5 minutos.
4. Una vez cocinado se peso el hongo cocinado para determinar la pérdida de agua y se envasaron en recipientes de poliestireno con tapa.

6.6.2. Envasado y presentación al consumidor

1. Se colocaron cada una de las muestras en envases pequeños con tapa una porción aproximada de 10 gr según Watts *et al.* (1992).
2. Se presentaron de manera aleatoria al panel, acompañado de botella de agua servilleta y cuchara (Figura 6).
3. Se le proporcionó la hoja de prueba acompañado de una explicación por parte del aplicador.

Figura 6. Presentación de muestras al panel, para una prueba hedónica.



6.6.3. Variables a evaluar

- Calidad visual.
- Aroma.
- Sabor.
- Consistencia.

Estos parámetros fueron medidos mediante una escala hedónica estructurada de medición ordinal a fin de cuantificar la preferencia de cada una de las cepas.

6.6.4. Análisis estadístico

Para determinar las cepas que el consumidor final prefiere mediante una prueba hedónica de cepas comerciales de *Pleurotus* spp, los datos de ambas pruebas se sometieron a un análisis de varianza y posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias t de student con $P \leq 0.05\%$ con la ayuda del paquete SAS System for Windows 9.0 según la aplicación para SAS (Herrera y Barreras, 2005).

7. RESULTADOS

7.1. Antecedentes del cultivo de hongos comestibles en el municipio de Cuyoaco, Puebla

Hace 10 años atrás se había sembrado champiñón de manera rústica (Figura 7) pero por la existencia de plagas y enfermedades así como la baja productividad y calidad de los cuerpos fructíferos aunado a la falta de asesoría e infraestructura adecuada no se obtenía una producción de calidad y por lo tanto no era un negocio rentable y decidieron interrumpir la producción por algunos años.

Figura 7. Primera nave dedicada a la producción de champiñón en Cuyoaco, Puebla.



Es en el año 2008 cuando se conformó la empresa “Champiñones de Cuyoaco” al realizar alianzas estratégicas mediante la conformación de una sociedad integrada por Ricardo Chiquito Chiquito, Javier Hernández y Armando Sánchez, quienes decidieron invertir capital en una sola idea, cada uno dentro del ámbito en el que se desarrolla. En un inicio solo trabajaban 15 personas; actualmente son 45, por lo que, se considera que la empresa “Champiñones de Cuyoaco” genera un beneficio social al promover el desarrollo de nuevas tecnologías en el municipio, generando empleo, en especial un grupo tan vulnerable como lo es la población femenina.

Al iniciar operaciones en la producción de champiñón se construyeron 7 naves automatizadas (sistema de riego, calefacción y ventilación) con dimensiones de 30 X 10 m y cuatro pequeñas que equivalen a una grande cubriendo una superficie total de 2400 m² (Figura 8) dedicadas a la producción. En un inicio estas naves solo se llegaban a producir 9 toneladas, a los 4 meses de operación se producían 20 toneladas y actualmente producen 30 toneladas al mes, llegando a producir anualmente 360 toneladas al año aproximadamente.

Figura 8. Naves dedicadas a la producción de champiñón en Cuyoaco, Puebla.

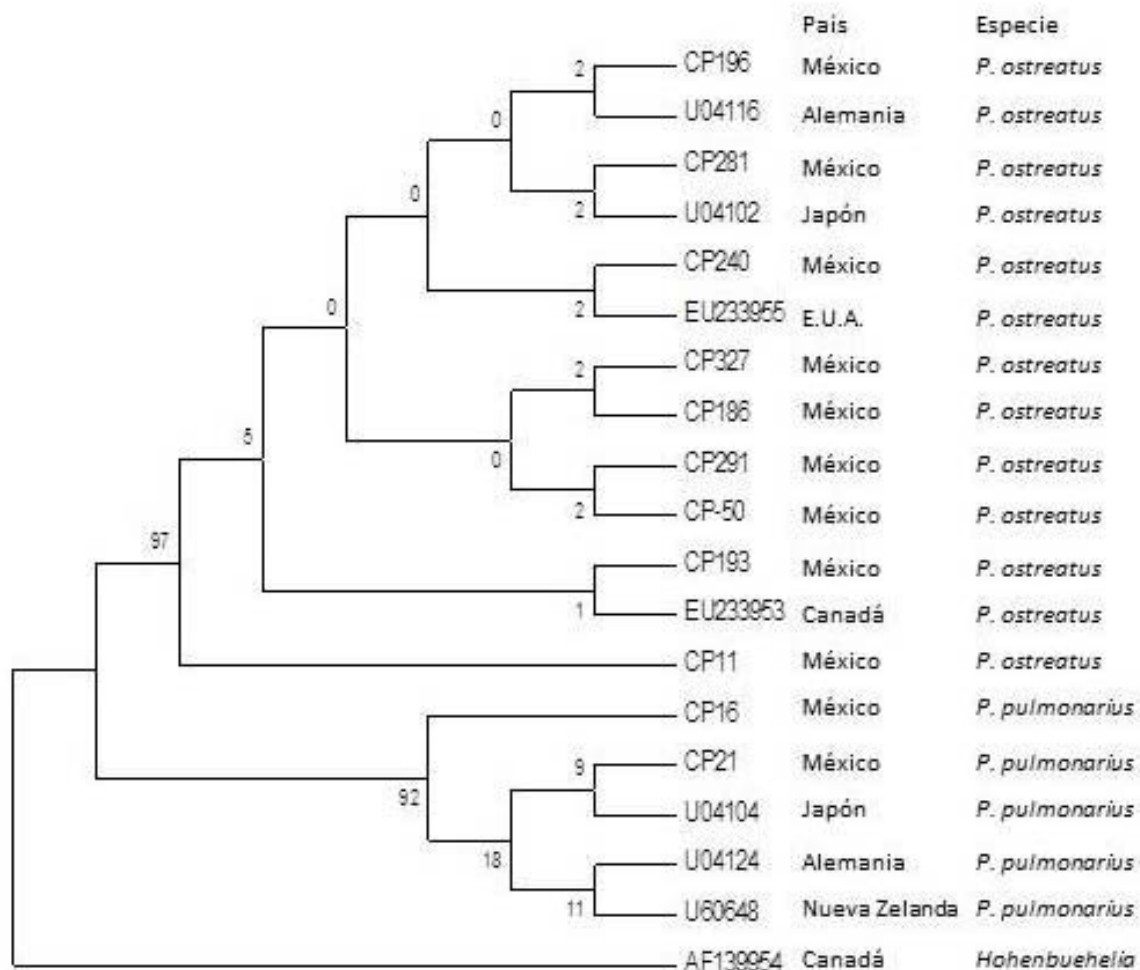


La producción de champiñón se realiza bajo un sistema de producción industrial y una planeación de la producción escalonada, ya que maneja 52 ciclos al año, es decir que siembra cada semana; bajo el sistema francés (bolsas), utilizando inóculo de Amycel, la composta utilizada la preparan ellos mismos mediante una composteadora, la composta es colocada en un túnel de pasteurización y sembrada mecánicamente mediante una sembradora. Una vez sembradas, se trasladan a los estantes, para la incubación y fructificación bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y ventilación llegando a cosechar una tonelada diaria.

7.2. Análisis molecular de las cepas estudiadas

En la amplificación de los productos de PCR usando los primers ITS1 e ITS4 en todas las cepas a estudiar, se obtuvieron fragmentos de 680 a 750 pares de bases y al enviar a secuenciar las cepas que obtuvieron secuencias mezcladas fueron la CP-22, CP-201, CP-300, CP-528 y CP-531) y por lo tanto no se utilizaron para el análisis. Al realizar el análisis por medio del método de Máxima Parsimonia (Bootstrap: 1000 réplicas) basado en las secuencias de la región ITS, dió como resultado dos grupos (Figura 9): el primero pertenece a la especie de *P. pulmonarius*, el cual incluye a las cepas CP-16 y CP-21 y un segundo grupo pertenece a las especies de *P. ostreatus*, el cual esta conformado por las cepas CP-50, CP-11, CP-193, CP-240, CP-281, CP-291, CP-327, CP-186 y CP-196. Ambos grupos están fuertemente soportados por altos valores del bootstrap (92% y 97%, respectivamente). La evaluación de la variación genética de cepas comerciales de hongos comestibles es indispensable, ya que es considerada como un requisito primordial en cualquier programa de mejoramiento genético, así como la identificación de materiales biológicos dentro de un centro de recursos genéticos, como lo es el CREGEHC (Centro de recursos genéticos de hongos comestibles). En el presente trabajo se han comparado por primera vez en nuestro país las secuencias de la región ITS de diferentes cepas comerciales de hongos comestibles del genero *Pleurotus*. Los resultados han demostrado que las secuencias de la región ITS pueden emplearse para la identificación de cepas del genero *Pleurotus*.

Figura 9. Análisis filogenético de las cepas de *Pleurotus* basado en las secuencias de la región ITS, usando el método de Máxima Parsimonia (Bootstrap= 1000).



Los números sobre las ramas de los arboles representan los valores del Bootstrap obtenidos de 1000 réplicas. La cepa de *Hohenbuehelia* se usó como grupo externo (AF139954).

7.3. Caracterización morfológica de las cepas comerciales

En base a los caracteres macroscópicos propuestos por Delgado *et al.* (2005); se obtuvo un catálogo de cepas comerciales de *Pleurotus* con sus principales características macroscópicas (Tabla 8-23) en las que se puede notar que el material biológico utilizado se divide en dos grupos fundamentales: *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*.

Pleurotus ostreatus:

Los cuerpos fructíferos de esta especie presentan forma de píleo (vista lateral) plana convexa y con forma (vista apical) desde el linguado, petaloide y concado; con disco desde el de tipo deprimido, umbilicado hasta el obtuso; margen arqueada; bordes de tipo crenulado (CP-11), ondulados, enteros y desgarrados, con grado de humedad seca y colores mate desde los blancos, pasando por los cremas claros y oscuros hasta los grises claros y azulados, con textura glabra y consistencia carnosa quebradiza (CP-11) y carnosa fibrosa. En cuanto al estípite poseen uniones al píleo de forma lateral y excéntrica, con formas cilíndricas y comprimidas sinuosas, así como ventricosas (CP-22), consistencia correosa, contexto sólido y colores desde el blanco a crema. El himenio es de color blanco a crema claro, no poseen patrones de ramificación, las láminas son atenuadas o redondeadas, generalmente están muy juntas, son anchas y de forma decurrente, características similares las mencionan Zervakis y Balis, (1996).

Pleurotus pulmonarius:

Presentan un píleo con forma (vista lateral) plana a plana - convexa y una forma con vista apical petaloide y dimidiado (CP-21), con disco obtuso o ligeramente deprimido, margen arqueada y bordes desgarrados, con un grado de humedad seca, los cuerpos fructíferos poseen varias tonalidades de café mate, textura glabra, consistencia carnosa porosa. En cuanto al estípite es de color blanco, con unión lateral al píleo y de forma cilíndrica ventricosa, una consistencia carnosa porosa y sólida. Finalmente el himenio es de color blanco a claro, con patrones de ramificación dicotómica, generalmente las láminas son atenuadas a redondeadas, estrechas, decurrentes y poco separadas.

Tabla 7. Caracterización de la CP-11 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.

CP-11 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Petaloide. DISCO: Obtuso. MARGEN: Arqueado. BORDE: Crenulado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Crema. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-quebradizo. DIAMETRO: 9.4X8.5 cm. GROSOR: 1.1 cm.</p>	
<p>ESTIPIITE</p> <p>UNION: Lateral. FORMA: Comprimido. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema claro. DIAMETRO: 1.0 cm LARGO: 4.1 cm.</p>		<p>HIMENIO</p> <p>FRECUENCIA: Juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Redondeadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.6 cm.</p>

Tabla 8. Caracterización de la CP-16 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéll.





CP-16 <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quéll.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano. FORMA (VISTA APICAL): Petaloide. DISCO: Obtuso. MARGEN: Arqueado. BORDE: Desgarrado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Café. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-poroso. DIAMETRO: 6.3X5.8 cm. GROSOR: 1.1 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Cilíndrica – ventricoso. CONSISTENCIA: Carnosa-porosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Blanco. DIAMETRO: 2 cm. LARGO: 5.1cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Poco separadas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Estrechas. BORDE: Dentadas. LAMELULAS: Atenuadas RAMIFICACION: Dicotomica COLOR: Blanco. GROSOR: 0.3 cm.</p>

Tabla 9. Caracterización de la CP-21 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél.

CP-21 <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plana FORMA (VISTA APICAL): Petaloide. DISCO: Obtuso. MARGEN: Arqueada. BORDE: Desgarrado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Café claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-poroso. DIAMETRO: 5.8X4.6 cm. GROSOR: 1.2 cm</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Cilíndrica. CONSISTENCIA: Carnoso-poroso. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Blanco. DIAMETRO: 1.9 cm. LARGO: 3.8 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Poco separadas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Estrechadas. BORDE: Crenulado. LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: Dicotomica COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.3 cm.</p>

Tabla 10. Caracterización de la CP-22 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-22 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Petaloide. DISCO: Obtuso. MARGEN: Arqueda. BORDE: Ondulado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Crema claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 9.6 cm. GROSOR: 7.8 cm.</p>	
<p>ESTIPIITE UNION: Lateral FORMA: Ventricosa. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Blanco. DIAMETRO: 1.4 cm. LARGO: 4.8 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. BORDE: Liso. LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.5 cm.</p>

Tabla 11. Caracterización de la CP-23 *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél.





CP-23 <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Dimidado. DISCO: Ligeramente deprimido. MARGEN: Arqueado. BORDE: Desgarrado. GRADO DE HUMEDAD: Seco</p>	<p>COLOR: Café claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-poroso. DIAMETRO: 7.1X5.5 cm. GROSOR: 0.8 cm</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Ventricoso. CONSISTENCIA: Carnosa-porosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Blanco. DIAMETRO: 1.3 cm. LARGO: 5.8 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Poco separadas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Estrechas. LAMELULAS: Redondeadas. RAMIFICACION: Dicotómica. COLOR: Blanco. GROSOR: 0.2 cm.</p>

Tabla 12. Caracterización de la CP-50 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-50 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Linguado. DISCO: Deprimido. MARGEN: Arqueado. BORDE: Ondulado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Crema oscuro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso DIAMETRO: 9.5X8.1 cm. GROSOR: 1.0 cm</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Excéntrica. FORMA: Cilíndrico sinuoso. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema claro. DIAMETRO: 1.1 cm. LARGO: 6.1</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHUR: Anchas. LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.5 cm.</p>

Tabla 13. Caracterización de la CP-186 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-186 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Petaloide. DISCO: Umbilicado. MARGEN: Arqueado. BORDE: Entero. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Gris-claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 9.5 X 8.5 cm. GROSOR: 0.85 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Excéntrica. FORMA: Cilíndrica-sinuosa. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema-claro. DIAMETRO: 0.9 cm. LARGO: 3.6 cm</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Redondeadas. RAMIFICACION: No COLOR: Crema. GROSOR: 0.45 cm.</p>

Tabla 14. Caracterización de la CP-193 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-193 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano convexo. FORMA (VISTA APICAL): Concado. DISCO: Obtuso. MARGEN: Arqueado. BORDE: Ondulado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Crema claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 11.3X10.1 cm. GROSOR: 1.1 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Excéntrica. FORMA: Comprimido. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema claro. DIAMETRO: 1.2 cm. LARGO: 5.1 cm</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Atenuadas. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.5 cm</p>

Tabla 15. Caracterización de la CP-196 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-196 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Linguada. DISCO: Deprimido. MARGEN: Arqueado. BORDE: Entero. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Gris-claro BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 8.2X 6.4 cm. GROSOR: 0.9 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Cilíndrica-sinuosa. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema claro. DIAMETRO: 1.1cm. LARGO: 7.1 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Redondeadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.4 cm.</p>

Tabla 16. Caracterización de la CP-201 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.




CP-201 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)		CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)
PILEO		
FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Concado. DISCO: Ligeramente deprimido. MARGEN: Arqueado. BORDE: Ondulado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.		COLOR: Crema claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 8 X 7.5 cm. GROSOR: 0.6 cm.
ESTIPITE UNION: Excéntrica. FORMA: Cilíndrica - sinuosa. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema claro. DIAMETRO: 1.2 cm. LARGO: 4.6 cm.		HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.4 cm.

Tabla 17. Caracterización de la CP-240 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-240 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Linguado. DISCO: Obtuso. MARGEN: Arqueado. BORDE: Entero. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Gris azulado. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 7.1 X 5.9 cm. GROSOR: 0.8 cm</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Comprimido. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Solido. COLOR: Crema claro. DIAMETRO: 1.1 cm. LARGO: 4.3 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. BORDE: Liso LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema. GROSOR: 0.4 cm.</p>

Tabla 18. Caracterización de la CP-281 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-281 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano convexo. FORMA (VISTA APICAL): Petaloide. DISCO: Deprimido. MARGEN: Arqueda. BORDE: Entero. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Crema. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 9.1X7.6 cm. GROSOR: 0.85 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Excéntrica. FORMA: Comprimido. CONSISTENCIA: Correoso. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema. DIAMETRO: 1.1 cm. LARGO: 4.8 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. BORDE: Crenulado. LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.4 cm.</p>

Tabla 19. Caracterización de la CP-291 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.





CP-291 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Concado. DISCO: Umbilicado. MARGEN: Arqueada. BORDE: Ondulado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Crema. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 8.8X7.5 cm. GROSOR: 0.9 cm.</p>	
<p>ESTIPIITE UNION: Excéntrica. FORMA: Cilíndrico-sinuoso. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema. DIAMETRO: 1.1 cm. LARGO: 6.2cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No COLOR: Crema GROSOR: 0.42cm.</p>

Tabla 20. Caracterización de la CP-300 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.

CP-300 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Linguado. DISCO: Deprimido. MARGEN: Arqueado. BORDE: Desgarrado. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Crema claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 8.5X7 cm. GROSOR: 0.7 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Cilíndrica sinuosa. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Blanco. DIAMETRO: 1.2 cm. LARGO: 4.1 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Lateral. ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Redondeadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.4 cm.</p>

Tabla 21. Caracterización de la CP-327 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.







CP-327 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Concado. DISCO: Ligeramente deprimido. MARGEN: Arqueado. BORDE: Desgarrado. GRADO DE HUMEDAD: Seco</p>	<p>COLOR: Crema amarillento. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 11.1X9.2 cm. GROSOR: 1.1 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Comprimido-sinuoso. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Crema claro. DIAMETRO: 1.2 cm. LARGO: 3.8 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.4 cm.</p>

Tabla 22. Caracterización de la CP-528 *Pleurotus* spp.

CP-528 <i>Pleurotus</i> spp.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Petaloide. DISCO: Umbilicado. MARGEN: Arqueado. BORDE: Entero. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Gris claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso DIAMETRO: 8X6 cm. GROSOR: 0.8 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Excéntrica. FORMA: Cilíndrico-sinuoso. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Gris claro. DIAMETRO: 1.2 cm. LARGO: 2.8 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy junta. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas. BORDE: Truncadas. LAMELULAS: Crema. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema. GROSOR: 0.4 cm.</p>

Tabla 23. Caracterización de la CP- 531 *Pleurotus* spp

CP-531 <i>Pleurotus</i> spp.		
CUERPO FRUCTIFERO (ANTERIOR)	CUERPO FRUCTIFERO (POSTERIOR)	
		
PILEO		
<p>FORMA (VISTA LATERAL): Plano-convexo. FORMA (VISTA APICAL): Concado. DISCO: Deprimido. MARGEN: Arqueado. BORDE: Entero. GRADO DE HUMEDAD: Seco.</p>	<p>COLOR: Blanco claro. BRILLO: Mate. TEXTURA: Glabro. CONSISTENCIA: Carnoso-fibroso. DIAMETRO: 9.7-9.4 cm. GROSOR: 1.0 cm.</p>	
<p>ESTIPITE UNION: Lateral. FORMA: Cilíndrica. CONSISTENCIA: Correosa. CONTEXTO: Sólido. COLOR: Blanco. DIAMETRO: 1.1 cm. LARGO: 4.8 cm.</p>		<p>HIMENIO FRECUENCIA: Muy juntas. UNION: Decurrentes. ANCHURA: Anchas LAMELULAS: Atenuadas. RAMIFICACION: No. COLOR: Crema claro. GROSOR: 0.6 cm.</p>

7.4. Análisis de la productividad y calidad de las cepas comerciales estudiadas

7.4.1. Sustrato

El contenido de humedad del sustrato pasteurizado en el Colegio de Postgraduados fue de 79% con un pH de 8.95 y una temperatura de 23°C. En el segundo experimento realizado en el municipio de Cuyoaco el sustrato pasteurizado tuvo un 83%, pH de 9. y 22.89°C.

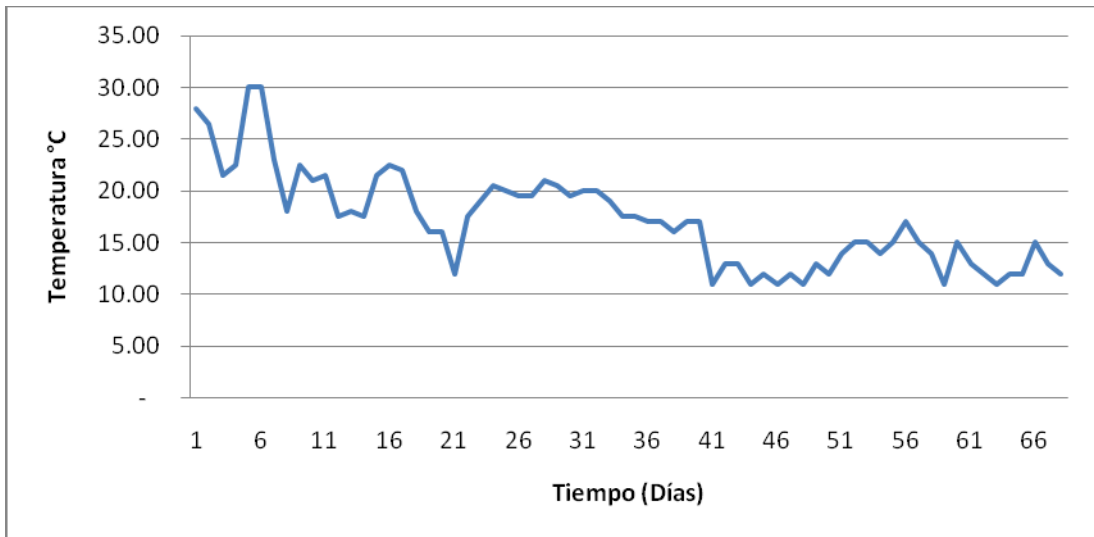
7.4.2. Condiciones ambientales

Durante la primera fase de producción en época de invierno (diciembre-febrero), realizada en el módulo experimental del Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla (Figura 10), se determinaron las condiciones ambientales a las que se sometió el material biológico mediante la medición de la temperatura y humedad relativa. En esta fase, las bolsas se incubaron una temperatura promedio de 20°C, mientras que en la fase de fructificación realizada en el módulo experimental, se tuvo una temperatura promedio de 13°C y una humedad relativa promedio de 76.4%, como se muestra en la Figura 11 y 12.

Figura 10. Módulo experimental del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, utilizado para la producción del primer ciclo de cultivo de *Pleurotus* spp. (diciembre-febrero, 2009).

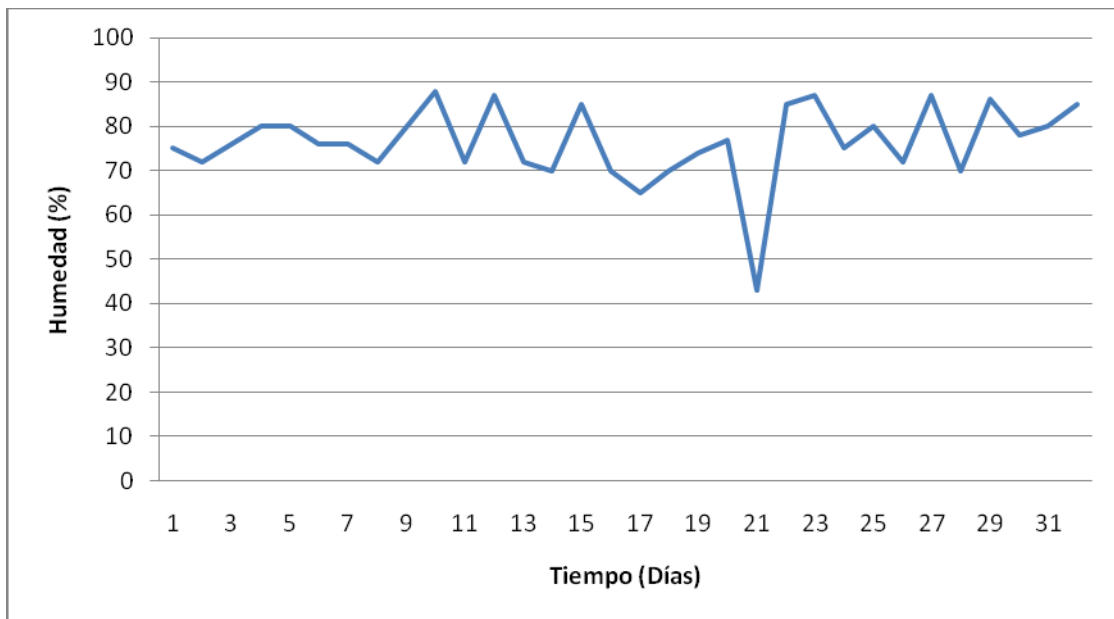


Figura 11. Temperatura media del módulo experimental durante invierno (diciembre 2009-febrero 2010).



Temperatura media obtenida del promedio de la temperatura mínima y máxima del día.

Figura 12. Humedad relativa en el módulo experimental durante invierno (diciembre 2009-febrero 2010).

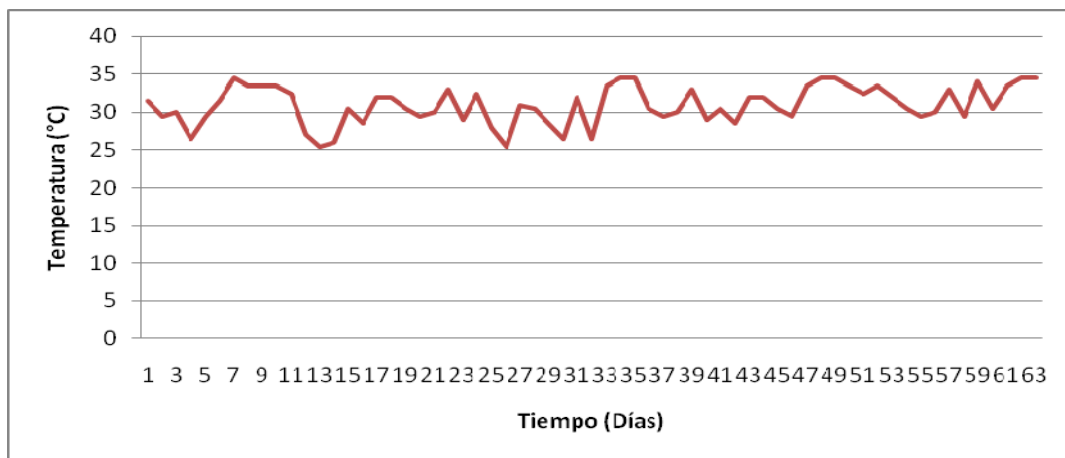


En la segunda fase de campo realizada en una galera rústica ubicada en el municipio de Cuyoaco, Puebla (Figura 13) durante los meses de marzo a mayo (primavera), la temperatura promedio de incubación y fructificación fue de 31°C (Figura 14).

Figura 13. Galera rústica utilizada para la producción del segundo ciclo de cultivo de *Pleurotus* spp. (marzo-mayo, 2010) localizada en Cuyoaco, Puebla.



Figura 14. Temperatura media de la galera rústica durante primavera (marzo – mayo 2010).



Temperatura media obtenida del promedio de la temperatura mínima y máxima del día.

7.4.3. Análisis de la precocidad de las cepas comerciales

En la Tabla 24 se muestran los resultados obtenidos de los días transcurridos a la aparición de primordios, así como los días en que se obtuvo la primera y segunda cosecha. Durante la primera fase de campo, las cepas comerciales más precoces en cuanto a aparición de primordios (DAP) fueron: CP-300, CP-196, CP-291, CP-23, CP-281, CP-193, CP-528 y CP-16 con promedios que van desde 19 a 26 días, mientras que las más precoces en obtener la primera cosecha (DPC) fueron las anteriores y se sumaron las cepas CP-186, CP-22 y la CP-50 con valores de los 35 a 44.2 días, siendo la CP-50 de las más lentas (44.2 días), lo cual difiere con lo reportado por Ramírez (2006); Salmones *et al.*, (1997); Vogel y Salmones (2000); Duran (1997); Gaitán-Hernández y Salmones (2008) al ser menos precoces de lo que ellos reportan. Lo anterior, posiblemente se debió a la temperatura ambiental del módulo experimental de 13.47°C, la cual está por debajo de lo requerido para el desarrollo y fructificación de *Pleurotus ostreatus* según Gricelda, (1998), quien reporta una temperatura óptima de 29°C. Para la segunda cosecha (DSC) la prueba de rangos múltiples Tukey no encontró diferencias significativas entre cepas ya que los promedios variaron de 60.4 a 62.6 días, lo cual indica que la CP-300 y CP-291 son lentas en producir su segunda cosecha (Tabla 24). En esta misma fase, las cepas menos precoces durante el invierno fue la CP-11 y la CP-21 con 46 y 54.75 días respectivamente, mientras que la CP-201, CP-240, CP-327 y CP- 531 tendieron a contaminarse, por lo que no se obtuvieron valores representativos durante la primera fase.

En el segundo ciclo realizado en Cuyoaco, Puebla, las cepas más precoces en aparición de primordios (DAP) fueron: la CP-300, CP-16, CP-50, CP-291, CP-23, CP-21, CP-22, CP-201, CP-196 y CP-11 con promedios de 17.2 a 20.2 días, por lo que se redujo en 5.8 días, con respecto al ciclo anterior. Las cepas más precoces en obtener la primera cosecha (DPC) fueron la CP-300, CP-16, CP-50, CP-291, CP-23, CP-21, CP-22, y CP-196, con una media de 29.4 a 31.4 días, por lo que se reduce un total de 12.8 días. Estos datos concuerdan con lo reportado por Ramírez (2006), Vogel y Salmones (2000).

Tabla 24. Precocidad de las cepas comerciales utilizadas en dos ciclos de cultivo.

SIEMBRA EN EL MODULO: DICIEMBRE-FEBRERO				SIEMBRA EN LA GALERA: MARZO-MAYO			
CEPA	DAP	DPC	DSC	CEPA	DAP	DPC	DSC
CP-11	35.6a	46.0ab	62.6a	CP-300	17.2a	29.4ab	57.2efgh
CP-21	35.5a	54.7a	.	CP-16	17.2a	29.8abc	46.8a
CP-50	29ab	44.2abc	59.3a	CP-50	18a	30.4abcd	51.6bc
CP-22	28ab	43.2bc	57.0a	CP-291	18.4a	30.2abcd	51.6bc
CP-186	26bc	35bc	.	CP-23	18.4a	28.2a	47.2ab
CP-16	25.4bc	40.0bc	56.6a	CP-21	19a	29.8abc	46a
CP-528	24.6bc	41.0bc	61.0a	CP-22	19.8ab	31abcde	53.2cde
CP-193	23.4bc	38.4bc	58.4a	CP-201	19.8ab	34.6defgh	56cdefgh
CP-281	23.2bc	37.6bc	57.7a	CP-196	19.8ab	31.4abcde	52.4cd
CP-23	23.0bc	41.6bc	59.0a	CP-11	20.2ab	33bcdef	54.8cdef
CP-291	22.6bc	37.8bc	61.4a	CP-193	23.2bc	34cdefg	53.8cde
CP-196	21.0bc	33c	53.4a	CP-531	25.2c	37.2gh	59.2fghi
CP-300	19.5c	35.6bc	60.4a	CP-186	25.6cd	35efgh	56.4defg
				CP-281	26.4cd	38h	60.6hi
				CP-240	27.2cd	38h	60ghi
				CP-528	27.2cd	35.8gfh	62.4i
				CP-327	29.6d	50.2i	71.2j

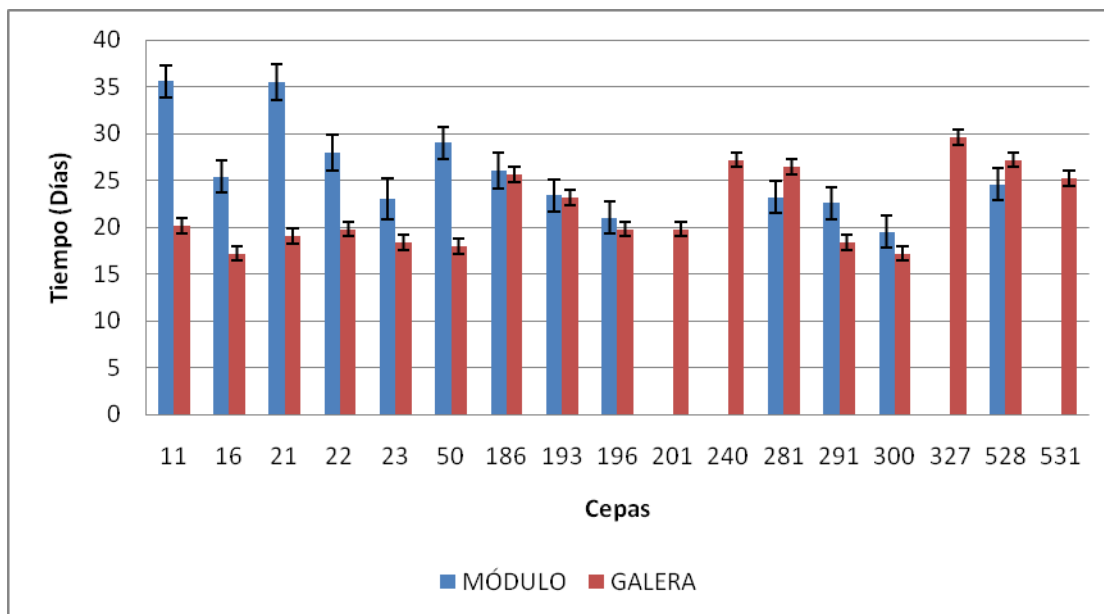
DAP=Días transcurridos a la aparición de primordios. DPC=Días trnscurridos a la obtención de la primera cosecha. DSC=Días a la obtención de la segunda cosecha. Los valores representan el promedio de 5 réplicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

Para el caso de la segunda cosecha (DSC), las mejores cepas fueron la CP-16, CP-23 y CP-21 con una media de 46 a 47.2 días lo cual difiere con lo obtenido por Salmones *et al.*, (1997) quien reporta 64 días para *P. pulmonarius*; Vogel y Salmones (2000) con 26 y 37 días, Duran (1997) con 39 días. Otras de las cepas que se distinguieron por su precocidad fueron la CP-50 y CP-291 con 51.6 días. La cepa menos precoz fue la CP-327 con una media de 71.2 días a segunda cosecha.

7.4.3.1. Comparación de la precocidad de las cepas comerciales estudiadas en dos ciclos de cultivo

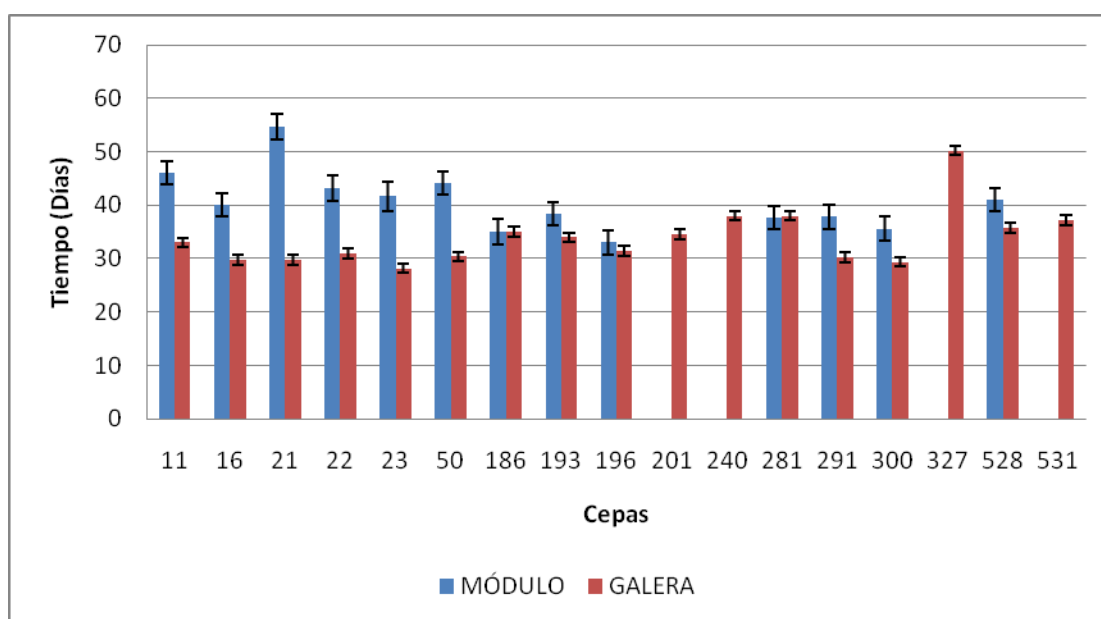
Las cepas que tendieron a ser más precoces en aparecer los primordios para el segundo ciclo fueron la CP-11, CP-16, CP-21, CP-22, CP-50, CP-291 y ligeramente la CP-300, cabe mencionar que la CP-11 y CP-21 fueron de las cepas más lentas en el ciclo anterior, por lo que se puede decir que son muy sensibles al frío, en especial la cepa CP-21; algo similar sucede con la CP-50 pero en menor grado, (Figura 15 y 16).

Figura 15. Comparación en días transcurridos a aparición de primordios durante los dos ciclos de cultivo.



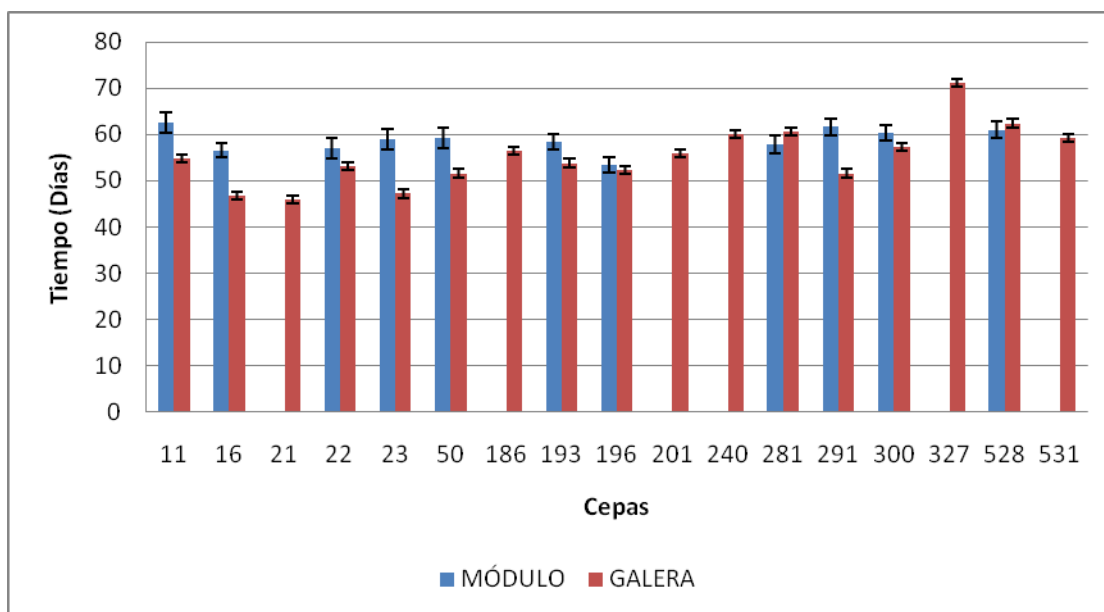
En cambio, las cepas que tuvieron comportamiento similar en ambos ciclos fueron la CP-186, CP-193, CP-196; las cepas que tendieron a ser menos precoces en primavera fueron la CP-281 y CP-528, lo cual indica que son cepas que prefieren el frío para su desarrollo. También se observa una tendencia marcada al reducir los días a primera cosecha en el segundo ciclo que en el primero. Las cepas que destacan por tener este comportamiento son la CP-11, CP-16, CP-21, CP-22, CP-23 y CP-50, ya que les favoreció en gran medida la temperatura; mientras que las cepas que mantuvieron comportamiento similar en ambos ciclos son la CP-186, CP-196, CP-281, como se observa en la Figura 16.

Figura 16. Comparación en días transcurridos a primera cosecha durante los dos ciclos de cultivo.



Los días transcurridos a segunda cosecha tuvieron comportamiento similar al anterior, entre las que destacan, la CP-11, CP-16, CP-22, CP-23, CP-50, CP-193, CP-291 y CP-300. En cambio, la cepa que tuvo un valor similar fue la CP-196, en tanto que la CP-528 y CP-281(Figura 17) incrementaron los días a segunda cosecha ligeramente.

Figura 17. Comparación en días transcurridos a segunda cosecha durante los dos ciclos de cultivo.



Se observó que las cepas más precoces en ambos ciclos, según la Tabla 24, son la CP-300, CP-291 y CP-196, seguidas por la CP-22, CP-16 y CP-23, por lo que se recomienda sembrarlas todo el año, ya que su precocidad no será afectada en gran medida. La CP-50 fue de las más precoces solo en primavera, por lo que no se recomienda sembrarla en época invernal. En cambio las cepas que prefieren el frío al ser más precoces en invierno que en primavera son la CP-281 y CP-528, aunque aumentaron ligeramente su productividad en el ciclo de primavera, en el caso de la CP-281 obtuvo una eficiencia biológica de 99% en invierno y de 125.3% en primavera y la CP-528 obtuvo eficiencias de 81.8 a 93% (Tabla 25).

7.4.4. Análisis de la productividad de las cepas comerciales

En la Tabla 25 se puede ver que las cepas que obtuvieron las mejores medias en peso durante el primer ciclo realizado en invierno fue la CP-291, CP-281, CP-186, CP-196, CP-300, CP-50, CP-193, CP-528, CP, 22 y CP-11 con una media que va desde los 696.0 gr (CP-22) a 1144.81 (CP-291), cabe mencionar que la CP-11 aunque fue productiva en este periodo (807.4 gr) fue considerada como la más lenta (62.66 días).

Mientras que en el segundo ciclo realizado en primavera las mejores cepas fueron: la CP-300, CP-22, CP-193, CP-11, CP-196, CP-186, CP-201 y CP-50 con un rango de medias de 1149.20 g (CP-50) a 1372 g (CP-300); las cepas CP-291, CP-281, CP-528 mantuvieron pesos similares por lo que no se consideraron como una de las mejores en este ciclo, pero si en el ciclo anterior (invierno); la CP-201 se incluye en este periodo como una de las más productivas pero en el ciclo anterior tuvo la tendencia a contaminarse.

Con respecto a las cepas con más alta eficiencia biológica (EB) durante invierno fueron la CP-291, CP-281, CP-186, CP-196, CP-300, CP-50, CP-193, CP-528, CP-11 y CP-22 con medias que van de 68.67 (CP-22) a 112.94 (CP-291), eficiencias bajas a lo reportado por Mora (2004); Ramírez (2006) y Tepechco (2001). En cambio al analizar el segundo ciclo de cultivo realizado en primavera fueron la CP-300, CP-22, CP-193, CP-11, CP-196, CP-186, CP-201 y CP-50 con una eficiencia biológica media de 136.82 (CP-50) a 163.35 (CP-300), de acuerdo con lo obtenido por Mora, 2004 para las cepas CP-11, CP-50, CP-186 (Tabla 3 y 25).

En cuanto a la tasa de producción (TP) en el primer ciclo realizado en invierno las cepas que tuvieron mayores tasas de producción son: CP-186, CP-291, CP-281, CP-196, CP-300, CP-50, CP-193, CP-528, CP-11 y CP-22 con un rango de 1.22 (CP-22) a 1.84 (CP-291). Mientras que para el segundo ciclo las de mayor tasa de producción fueron: CP-300, CP-22, CP-193, CP-11, CP-196, CP-186, CP-201, CP-50 y CP-291 con tasas de 2.42 (CP-291) a 2.85 (CP-300) tasas similares a lo obtenido por Ramírez (2006).

Tabla 25. Productividad de las cepas comerciales utilizadas en dos ciclos de cultivo.

MODULO: DICIEMBRE - FEBRERO				GALERA: MARZO - MAYO			
CEPA	PESO (g)	EB (%)	TP	CEPA	PESO (g)	EB (%)	TP
CP-291	1144.8a	112.9a	1.8b	CP-300	1372a	163.3a	2.8a
CP-281	1003.8a	99a	1.8b	CP-22	1298.4a	154.5a	2.9a
CP-186	1000.0a	98.7a	2.8 a	CP-193	1290.4a	153.6a	2.8a
CP-196	915.6a	90.3a	1.6b	CP-11	1272.4ab	151.4ab	2.7a
CP-300	868.0a	85.6a	1.4bc	CP-196	1268ab	150.9ab	2.8a
CP-50	864.0a	85.2a	1.5b	CP-186	1240ab	147.6ab	2.6a
CP-193	846.4a	83.5a	1.4bc	CP-201	1155.2abc	137.5abc	2.4ab
CP-528	829.8a	81.8a	1.3bcd	CP-50	1149.2abc	136.8abc	2.6a
CP-11	807.4ab	79.6ab	1.3bcd	CP-281	1052.6bc	125.3bc	2.bc
CP-22	696.0abc	68.6abc	1.2bcd	CP-291	1051.4bc	125.1bc	2.4ab
CP-16	354.6 bcd	34.9bcd	0.6cde	CP-531	994.6dc	118.4cd	2bcd
CP-23	327.7dc	32.3dc	0.5de	CP-327	952dc	113.3cd	1.5cde
CP-21	168.0d	16.5d	0.3e	CP-528	781.2de	93de	1.4de
				CP-21	780.8de	92.9de	2cde
				CP-240	624.4e	74.3e	1.2e
				CP-23	602.2e	71.6e	1.5de
				CP-16	595.4e	70.8e	1.5de

EB: Eficiencia biológica. TP: Tasa de producción y peso (g). Los valores representan el promedio de 5 réplicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

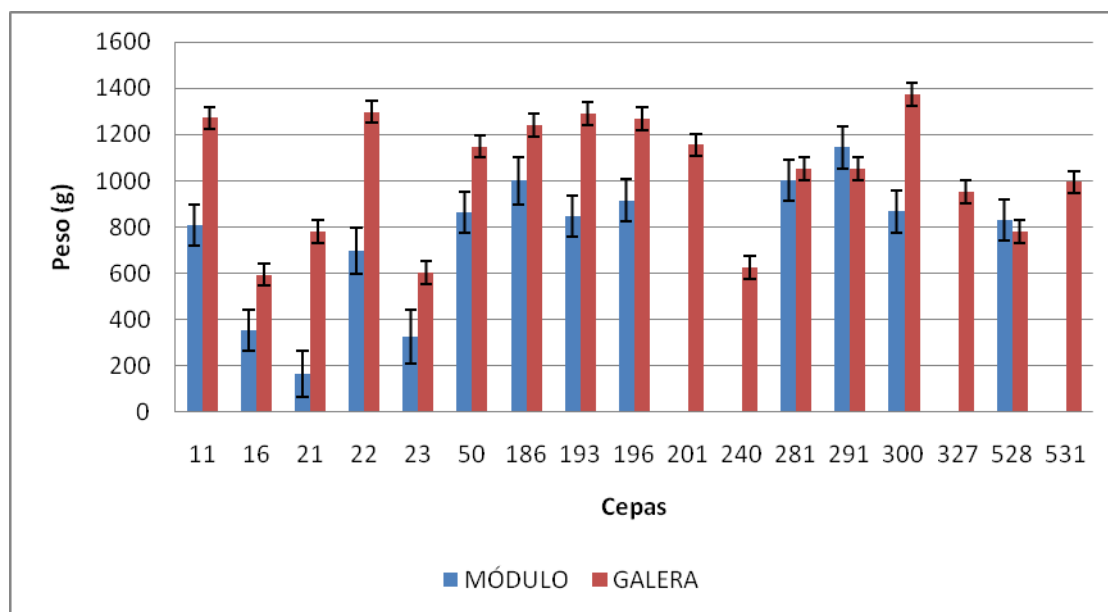
Las cepas CP-327, CP-240 y CP-531 no fueron muy productivas en primavera y en el ciclo de invierno tendieron a contaminarse. La CP-531 tiene un color muy blanco en comparación de las demás, lo cual es muy apreciado por el consumidor final.

Las cepas menos productivas en ambos ciclos fueron la CP-16, CP-21 y la CP-23 por lo que se puede decir que *Pleurotus pulmonarius* es menos productiva que *Pleurotus ostreatus* (Tabla 6). Cabe señalar que una característica particular de *P pulmonarius* es la precocidad en comparación con *P ostreatus*, además de tener un corto intervalo entre cosechas (Tabla 24). Lo anterior no concuerda con lo que menciona Pérez y Mata (2002) al indicar que *P pulmonarius* tiene un menor crecimiento micelial. Este crecimiento micelial está relacionado en gran medida al sustrato al que se someten las cepas, ya que Vogel y Salmones, (2000) concuerda con lo obtenido por asegurar que la cepas de *P pulmonarius* fueron de las más precoces en obtener la segunda cosecha al sembrarlas en paja de cebada.

7.4.4.1. Comparación de la productividad de las cepas comerciales estudiadas en dos ciclos de cultivo

Al comparar ambos ciclos en la Figura 18, se puede ver una tendencia marcada a incrementar los rendimientos en términos de peso para el segundo ciclo realizado en primavera, en especial las cepas CP-11, CP-16, CP-21, CP-22, CP-23, CP-50, CP-186, CP-193, CP-196 y CP-300, no así la CP-291 que tuvo una ligera reducción en el peso. Las CP- 528 y CP-281 mantuvieron pesos similares. Lo anterior demuestra las diferencias significativas entre las cepas de acuerdo con lo que menciona García, (2007), al asegurar que las temperaturas de fructificación varían entre cepas, así como la incidencia directa en el rendimiento.

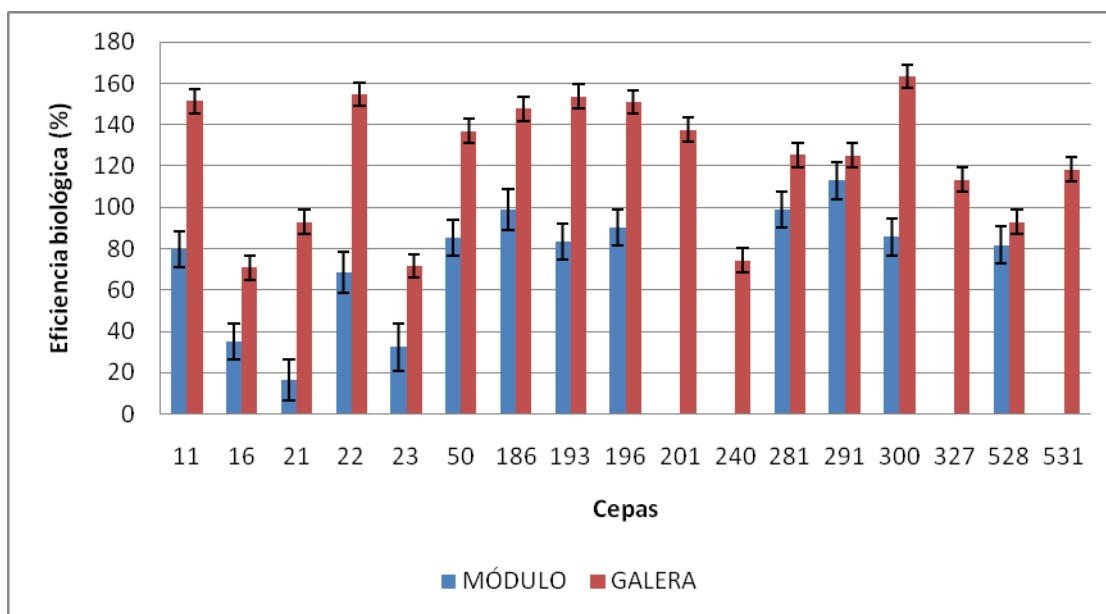
Figura 18. Comparación del peso de los cuerpos fructíferos durante los dos ciclos de cultivo.



En la Figura 19 se puede observar que todas las cepas tendieron a incrementar su eficiencia biológica en el segundo ciclo de cultivo, en especial la CP-21, algunas otras llegaron casi a duplicar su eficiencia como es el caso de la CP-11, CP-16, CP-22, CP-23, CP-50, CP-193, CP-196 y CP-300 debido probablemente a su sensibilidad a la temperatura media de 20°C (invierno) y 30°C (primavera). Esta última muy cercana a la temperatura que asegura Gricelda, (1998) como la temperatura óptima para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (29°C), por otro lado pudo deberse a la exposición de luz al hongo ya que Bermúdez, (2002) asegura que con exposiciones menores a 12 horas disminuye la eficiencia biológica en un 68% y se sabe que en invierno los días son más cortos que en verano por lo tanto hubo una menor exposición a la luz en el primer ciclo que en el segundo.

Algunas otras cepas mantuvieron valores similares en ambos ciclos como la CP-291 y CP-528, por lo que se puede decir que son cepas productivas en primavera como en invierno, lo que las hace cepas deseables para el cultivo sin importar la época en que se realice.

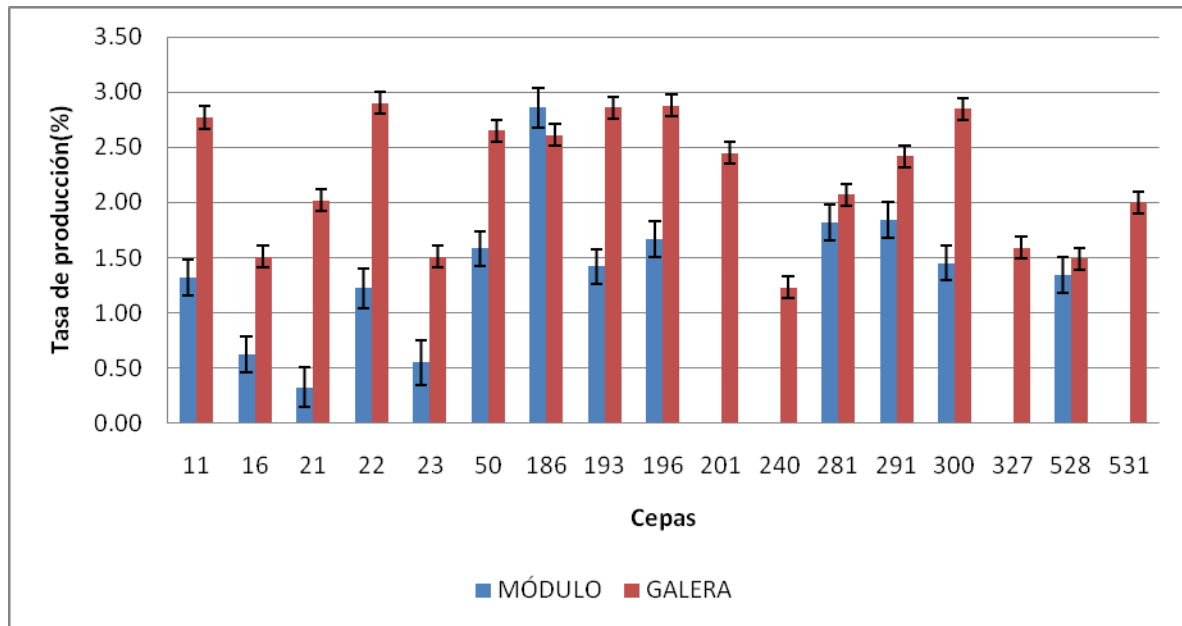
Figura 19. Comparación de la eficiencia biológica de las cepas comerciales durante los dos ciclos de cultivo.



Otro factor que pudo haber influido en el incremento de la eficiencia biológica, fue la calidad de la paja, ya que en la primera fase se utilizó paja de tallos largos con un porcentaje de humedad del 79% y un peso seco promedio por cada unidad experimental de 1013.59 g; mientras que en el municipio de Cuyoaco se adquirió paja de tallos cortos proveniente de la cosecha anterior, con un 83% de humedad y un peso seco por unidad experimental de 837.03 g, lo cual es recomendado por Gaitán-Hernández, (2006) quien asegura que la textura y el tiempo de almacenamiento de la paja es determinante en la productividad de las cepas.

En cuanto a la tasa de producción (Figura 20) se pudo observar la misma tendencia que la eficiencia biológica, a excepción de la CP-186, con una ligera baja de la tasa de producción en el segundo ciclo de cultivo.

Figura 20. Comparación de la tasa de producción de cepas comerciales en los dos ciclos de cultivo.



Las cepas consideradas productivas en ambos ciclos de cultivo, fueron la CP-196, CP-300, CP-22, CP-186, CP-193, CP-11, CP-50. Cabe señalar que las primeras tres cepas no solo son consideradas productivas, si no también precoces en ambos ciclos (Tabla 24 y 25). En cambio, las últimas cuatro cepas solo son consideradas productivas, en especial la CP-11 y CP-50, aunque precoces solo en primavera.

7.4.5. Análisis de la calidad de los cuerpos fructíferos de las cepas

En la Tabla 26 referente a peso de cuerpo fructífero, la prueba de rangos múltiples encontró diferencias significativas entre cepas, siendo las de mayor tamaño la CP-193, CP-291, CP-528, CP-11, CP-50, CP-16 y CP-21. En el parámetro “diámetro de píleo” Tukey no encontró diferencias significativas entre cepas con medias de 6.7 cm (CP-23) medidas que reporta Vogel y Salmones, (2000) para *P pulmonarius* a 10.96 cm (CP-291) de acuerdo con los resultados obtenidos por Ramírez, (2006) para *P ostreatus*.

El parámetro “diámetro de estípite” las cepas de mayor grosor fueron la CP-16, CP-21 y CP-23, con valores superiores a 1.8 cm, esta última cepa fue la que tuvo más largo el estípite (Tabla 26). Estas tres cepas pueden considerarse como las de menor calidad de cuerpos fructíferos para el primer ciclo de cultivo realizado en invierno, aunque cabe señalar que estos factores están muy ligados a la especie a la que pertenecen las cepas de *Pleurotus pulmonarius* mencionadas anteriormente. En lo concerniente al parámetro largo de estípite, la CP-23 fue la de mayor longitud, lo cual demerita su calidad.

Tabla 26. Calidad de los cuerpos fructíferos cultivados en el módulo experimental durante diciembre-febrero.

Cepa	Peso del cuerpo fructífero (g)	Diámetro píleo (cm)	Diámetro estípite (cm)	Largo estípite (cm)
CP-291	32.6ab	10.9a	1.8ab	5.9ab
CP-193	50.0a	10.7a	1.4b	6.2ab
CP-196	20b	10.5a	1.5b	6.4ab
CP-528	29.7ab	10a	1.6ab	5.5ab
CP-11	34.4ab	9.5a	1.2b	3.2b
CP-50	22.2ab	9.5a	1.2b	5.5ab
CP-16	38.3ab	9.3a	2.4a	3.6b
CP-186	17.6b	9.2a	1.4b	3.6b
CP-21	26.6ab	8.8a	1.8ab	5ab
CP-281	20.8b	8.8a	1.3b	4.3ab
CP-300	17.3b	8a	1.4b	3.6b
CP-22	21.7b	8a	1.3b	6.2ab
CP-23	14.2b	6.7a	2ab	8.6a

Los valores representan el promedio de 5 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

En la Tabla 27 se observan diferencias significativas entre cepas en el parámetro: “Peso de cuerpo fructífero”, siendo las de mayor peso las cepas CP-240, CP-196, CP-528, CP-327, CP-21 y CP-300, con valores de 25 a 30.46 g. En cambio, las cepas CP-16 y CP-23 fueron las que tuvieron menor peso, al igual que el ciclo anterior. En el caso de “diámetro de píleo”, todas tuvieron un tamaño aceptable dentro de un rango de 8 a 10.5 cm, a diferencia de las cepas CP-11 y CP-16 que Tukey las consideró como las de menor diámetro.

El parámetro “diámetro de estípite”, al igual que el ciclo anterior las de mayor tamaño fueron la CP-16, CP-21 y CP-23, esto se debió en gran medida a su genotipo y no al ambiente en donde se desarrollaron. En lo referente al parámetro “largo del estípite”, las cepas CP-240, CP-528, CP-327, CP-21, CP-531, CP-22, CP-201, CP-186, CP-16 y CP-23, son las que tuvieron más corto el estípite con valores de 1.3 a 3.4 cm en cambio las cepas que tuvieron mayor tamaño fueron la CP-196, CP-193, CP-50 y CP-11, con valores de 5 cm. a 5.7 cm (Tabla 27).

Tabla 27. Calidad de los cuerpos fructíferos cultivados en galera rústica ubicada en el municipio de Cuyoaco, Puebla, durante marzo-mayo.

Cepa	Peso del cuerpo fructífero (g)	Diámetro píleo (cm)	Diámetro estípote (cm)	Largo estípote (cm)
CP-240	30.4a	10.5a	1.4abc	2.6abc
CP-196	30.2a	10.2ab	1dc	5.7ef
CP-528	28.1a	10.2abc	1.2bcd	3.0abcd
CP-327	27.5a	9.2abc	1.3abcd	2.7abcd
CP-21	26.7a	7.8abc	1.7a	3.4abcdef
CP-300	25a	8.4abc	1.2bcd	3.9bcdef
CP-193	23.9abc	9.3abc	1.3abcd	5.7f
CP-281	22.4abc	8.5abc	1.1bcd	3.7bcdef
CP-531	22.4abc	8.4abc	1.1bcd	1.3a
CP-22	22.4abc	7.9abc	1.1bcd	3.4abcdef
CP-201	22.1abc	7.8abc	1.2bcd	2.2ab
CP-50	22abc	8.1abc	1.1bcd	5.02def
CP-186	21.5abc	8abc	1dc	3.4abcdef
CP-11	19.6abc	7.3c	0.9d	5.03cde
CP-291	18.7abc	8.4abc	1.2bcd	4.5cde
CP-16	15.7bc	7.7bc	1.5ab	3.4abcd
CP-23	15.1bc	8.3abc	1.3abcd	3.4abcd

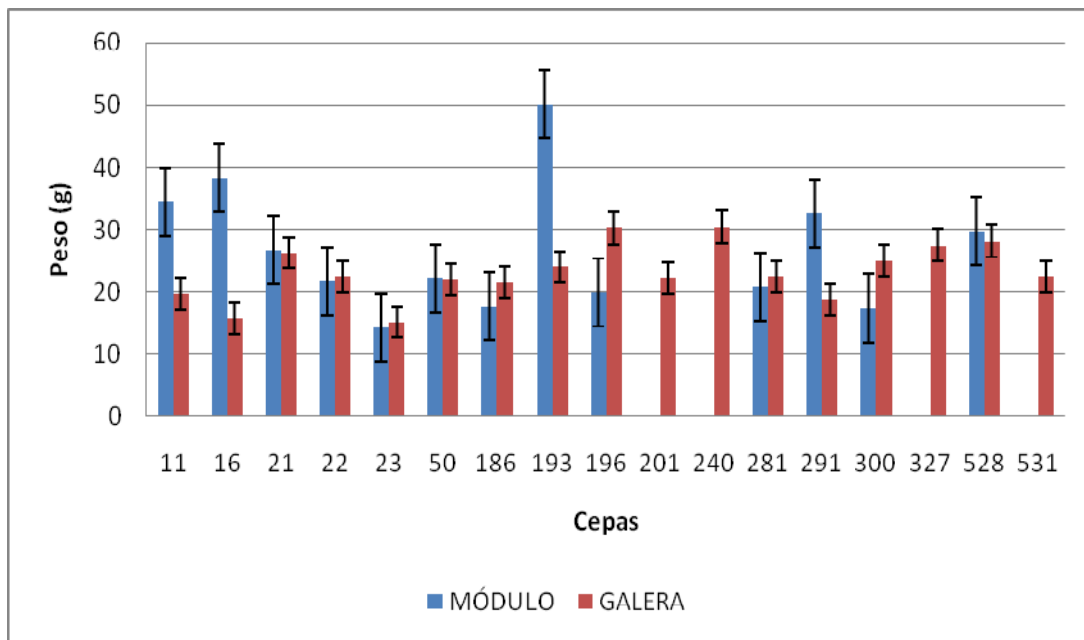
Los valores representan el promedio de 5 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

7.4.5.1. Comparación de la calidad de los cuerpos fructíferos en dos ciclos de cultivo

En la Figura 21, se puede notar que las cepas con tendencia a desarrollar cuerpos fructíferos más pequeños son la CP-11, CP-16, CP-186, CP-193 y CP-291, debiéndose al aumento de la productividad. Por otro lado, las cepas que mantuvieron tamaños similares fueron la CP-21, CP-22, CP-23, CP-50, CP-186, CP-281, CP-300 y CP-528, aunque hayan incrementado su productividad en el segundo ciclo de cultivo. La CP-196 aumento ligeramente su peso de cuerpo fructífero. Las CP-201,

CP-240, CP-327, CP-531 no tuvieron punto de comparación porque en el primer ciclo tendieron a contaminarse. Por lo que se puede decir que el peso de cuerpo fructífero no está influenciado por la temperatura, ni por el incremento o reducción del rendimiento de las cepas.

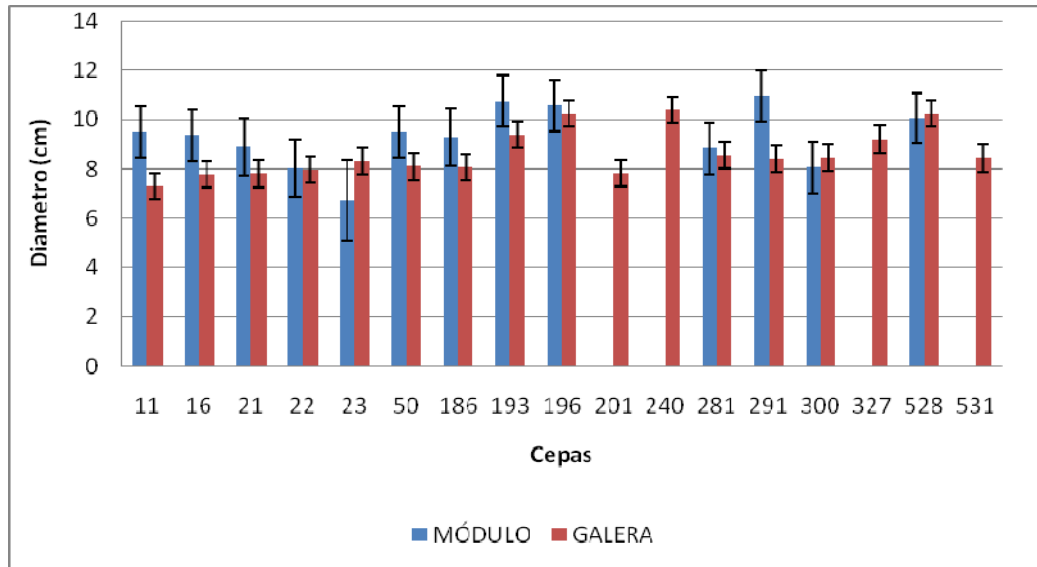
Figura 21. Comparación de medias en peso de cuerpo fructífero en dos ciclos de cultivo de *Pleurotus* spp.



En la Figura 22 se puede ver que las cepas que tendieron a reducir el diámetro del píleo fueron la CP-11, CP-50, CP186, CP-193, CP-16, CP-21 y CP-291, ya que son cepas que a medida que aumenta la productividad reducen el tamaño del píleo.

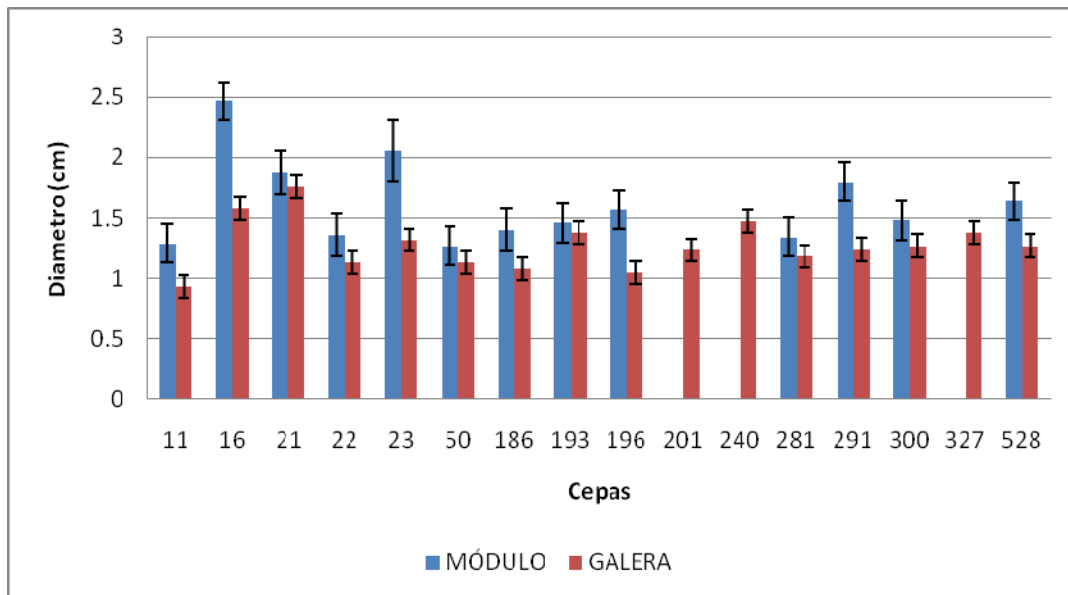
En cambio las cepas que mantuvieron valores similares fueron la CP-22, CP-300, CP-281, CP-196 y CP-528, aunque aumentaron en gran medida su productividad, no tendieron a reducir su diámetro de píleo. La CP-23 tendió a incrementar el diámetro del píleo aunque haya incrementado su rendimiento, por lo que no solo es más precoz, productiva, si no que aumenta su calidad de cuerpo fructífero con el aumento de la temperatura.

Figura 22. Comparación de medias del diámetro del píleo en dos ciclos de cultivo.



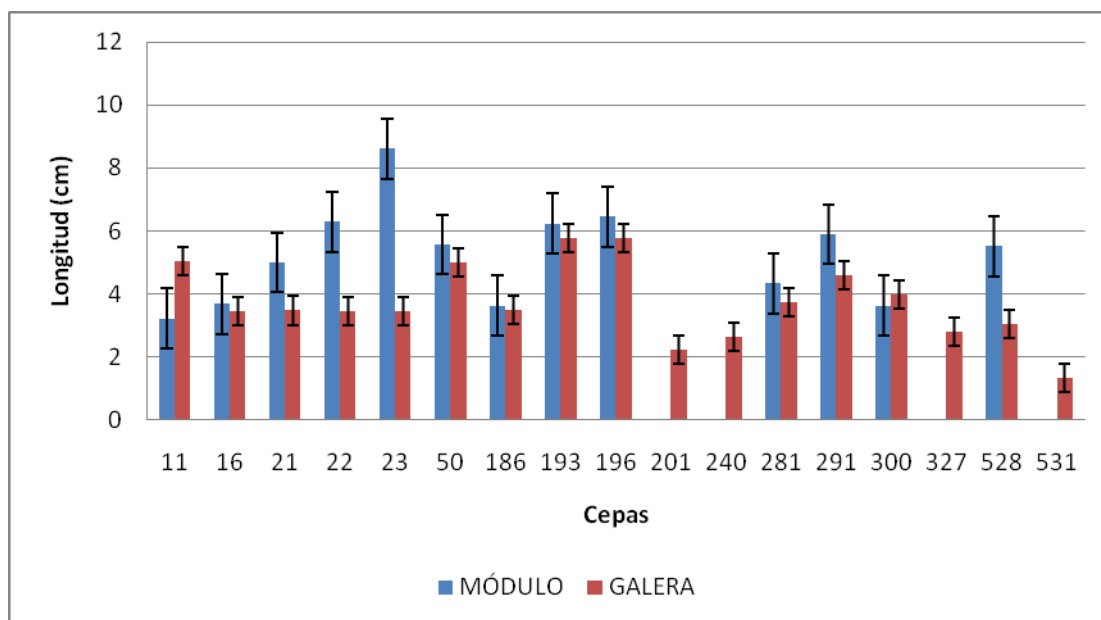
Las cepas que redujeron la media en el parámetro de diámetro de estípites en el segundo ciclo, fueron la CP-11, CP-16, CP-22, CP-23, CP186, CP-196, CP-291 y CP-528 (Figura 23). Mientras que las cepas que mantuvieron medias similares fueron la CP-21, CP-50, CP-193, CP-281, CP-300, aunque hayan aumentado su productividad.

Figura 23. Comparación de medias del diámetro de estípites en dos ciclos de cultivo



En la Figura 24 se muestra que las cepas que tendieron a bajar el largo del estípite fueron la CP-21, CP-22, CP-23, CP-291 y CP-528, lo cual favorece su calidad para el mercado, mientras que las cepas CP-16, CP-50, CP-186, CP-193, CP-196, CP-281 y CP-300 mantuvieron medias similares al ciclo de invierno y primavera. La cepa que tendió a incrementar el largo del estípite fue la CP-11 lo cual desfavorece la calidad del cuerpo fructífero.

Figura 24. Comparación de medias del largo de estípite en dos ciclos de cultivo.



A pesar de que las eficiencias biológicas aumentaron y por ende aumentaron el número de cuerpos fructíferos por unidad de producción, las cepas que mantuvieron su calidad son: CP-50, CP-300, CP-196 y CP-281, las dos últimas tuvieron eficiencias biológicas similares en ambos ciclos de cultivo. Sin embargo, las cepas que mejoraron su calidad al reducir el largo de estípite (Figura 24) fueron la CP-21, CP-22, CP-23 y CP-528 a pesar de que las dos primeras aumentaron considerablemente su eficiencia biológica en el segundo ciclo de cultivo como lo muestra la Tabla 25.

Por el contrario, las cepas que disminuyeron su calidad de un ciclo a otro al reducir el peso de cuerpo fructífero y diámetro de píleo, fueron la CP-11, CP-16, CP-186, CP-

193 y CP-291, como lo muestra la Figura 21 y 22, posiblemente se debió al aumento del número de cuerpos fructíferos, ya que estas cepas son de las que aumentaron considerablemente su eficiencia biológica en el segundo ciclo de cultivo durante la primavera, en especial la CP-11 y CP-193. La CP-201, CP-240, CP-327 y CP-531 no tienen punto de comparación ya que no se obtuvieron cuerpos fructíferos en el primer ciclo de cultivo durante invierno.

7.5. Análisis sobre la vida de anaquel de las cepas comerciales

7.5.1. Determinación del contenido de humedad de los cuerpos fructíferos

En la Tabla 28, se muestra el contenido de humedad de cada una de las cepas comerciales utilizadas para el presente estudio, en esta se puede notar que el contenido de humedad de los cuerpos fructíferos es $\geq 92\%$, de acuerdo con lo que obtuvo Valencia del Toro *et al.*, (2000), siendo la CP-281, CP-196, CP-50, CP-291 y CP-300 las de mayor porcentaje de humedad con valores de 95.9% a 97.7%. En cambio las que obtuvieron un menor porcentaje de humedad son la CP-531, CP-193, CP-21, CP-201, CP-22, CP-528, CP-240 y CP-186 con valores de 92 a 93.3%.

En lo que se refiere a pH, las cepas que tuvieron valores altos fueron la CP-21, CP-201 y CP-186 con valores de 6.5 a 6.7, mientras que las cepas más ácidas fueron la CP-11, CP-193, CP-327, CP-528 y CP-300 con valores de 6.02 a 6.16 (Tabla 28), es decir que todas las cepas poseen un valor de pH mayor a 6 e inferior a 7.

Tabla 28. Contenido de humedad y pH de los cuerpos fructíferos de cada una de las cepas comerciales de *Pleurotus* spp. seleccionadas en este trabajo.

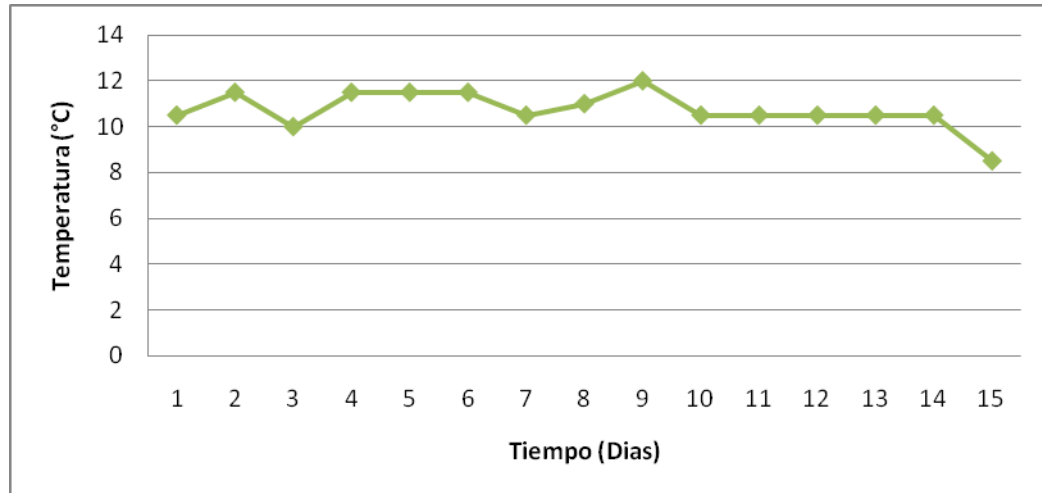
Cepa	Humedad	Cepa	pH
CP-281	97.75a	CP-21	6.72a
CP-196	96.78ab	CP-201	6.7a
CP-50	96.62ab	CP-186	6.58ab
CP-291	96.42abc	CP-23	6.52bc
CP-300	95.93abcd	CP-16	6.46bcd
CP-23	94.77bcde	CP-281	6.45bcd
CP-16	94.65bcde	CP-291	6.43bcd
CP-11	94.59bcde	CP-50	6.42bcd
CP-327	94cde	CP-531	6.41bcd
CP-186	93.32de	CP-22	6.39cd
CP-240	93.27de	CP-240	6.34d
CP-22	93.25de	CP-196	6.33d
CP-528	93.17de	CP-300	6.16e
CP-201	92.84e	CP-528	6.09e
CP-21	92.53e	CP-327	6.07e
CP-193	92.18e	CP-193	6.07e
CP-531	92.08e	CP-11	6.02e

Los valores representan el promedio de 3 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$).

7.5.2. Condiciones ambientales

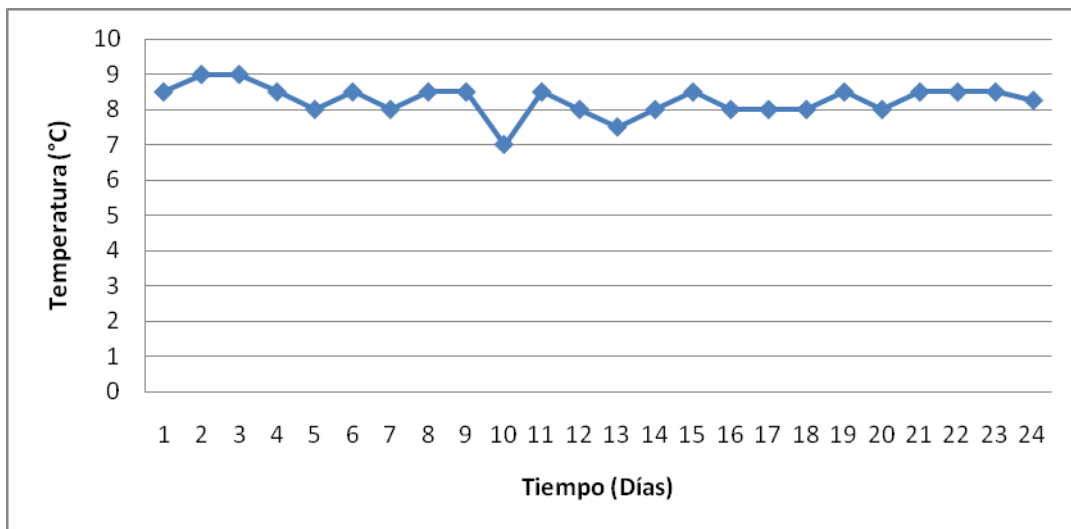
Con el fin de valorar la vida de anaquel de los cuerpos fructíferos de cada una de las cepas estudiadas bajo condiciones de refrigeración, se realizaron mediciones de la temperatura diaria. En la primera fase realizada en el laboratorio de hongos comestibles se mantuvieron los cuerpos fructíferos empacados a una temperatura media de 11°C (Figura 25). En cambio, en la segunda fase del experimento, se empacaron los cuerpos fructíferos en la galera rústica y se trasladaron a un refrigerador convencional con temperatura media de 8°C (Figura 26).

Figura 25. Comportamiento de la temperatura en el refrigerador ubicado en el laboratorio de hongos comestibles en donde se almacenaron los hongos frescos de *Pleurotus* spp.



Temperatura media obtenida de la temperatura mínima y máxima.

Figura 26. Comportamiento de la temperatura en el refrigerador ubicado en el municipio de Cuyoaco, Puebla en donde se almacenaron los hongos frescos de *Pleurotus* spp.



7.5.3. Pérdida de peso de los cuerpos fructíferos en refrigeración

En base a la metodología planteada anteriormente, se puede ver en la Tabla 29, que durante la primera prueba sobre la vida de anaquel de los cuerpos fructíferos, las cepas menos beneficiadas fueron la CP-16 y CP-23 a los tres días de la medición. A los seis y nueve días se les sumaron a las dos anteriores la CP-300, CP-186 y CP-21, con porcentajes mayores de 7.66.

Sin embargo, las cepas que tuvieron porcentajes de pérdida de peso reducidos fueron la CP-291, CP-196, CP-50, CP-528, CP-281, CP-22, CP-11, CP-240 y CP-193, con medias menores de 1.96% a los tres días, a los seis días de 2.65% - 3.82% y de 4.03% - 5.72% a los nueve días, lo cual hace notar la necesidad de aplicar temperaturas menores a los cuerpos fructíferos almacenados ya que son porcentajes de pérdida de peso muy altos en comparación con lo que menciona Villaescusa y Gil (2003) al reportar solo 1.6% de pérdida de peso a 7°C a los siete días y 2.5% a los once días.

Lo cual indica que los cuerpos fructíferos almacenados en un refrigerador convencional solo se mantienen con buena calidad a los 3 días, calidad media a los 6 días de conservación y calidad mala a los 9 días según el parámetro: porcentaje de pérdida de peso, esta misma aseveración la menciona Álvarez, (2000), al asegurar que los hongos seta al almacenarlos a 15°C sufren daños irreversibles después de 7 días de almacenamiento.

Tabla 29. Comportamiento de la pérdida de peso de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* spp. en refrigeración.

PRUEBA 1 (Módulo)				PRUEBA 2 (Galera)			
CEPA	DIA3 %	DIA6 %	DIA 9 %	CEPA	DIA 3 %	DIA6 %	DIA 9 %
CP-23	3.75a	11.4a	19.61a	CP-21	2.66a	6.91a	10.61a
CP-16	2.88ab	5.94b	7.66bc	CP-16	2.31a	6.91a	9.57ab
CP-186	1.96bc	5.41bc	7.66bc	CP-281	1.29a	6.46ab	6.46ab
CP-300	1.93c	6.04b	8.21b	CP-300	1.64a	5.19abc	8.49ab
CP-193	1.53c	2.65d	5.21d	CP-11	1.29a	5.01abc	9.45ab
CP-240	1.52c	3.31d	5.89cd	CP-23	1.96a	4.7abc	9.54ab
CP-21	1.35c	5.27bc	9.5b	CP-50	2.28a	4.67abc	6.44ab
CP-11	1.32c	2.67d	4.52d	CP-196	1.29a	4.33abc	7.2ab
CP-22	1.32c	2.67d	4.52d	CP-193	1.94a	4.3abc	6.42ab
CP-281	1.32c	3.82d	5.72d	CP-240	1.87a	4.14abc	7.23ab
CP-291	1.31c	2.88d	4.03d	CP-22	0.95a	3.94abc	4.98b
CP-528	1.31c	2.65d	4.26d	CP-186	1.62a	3.62abc	6.42ab
CP-196	0.88c	2.65d	4.03d	CP-291	0.94a	3.57abc	6.34ab
CP-50	0.87c	2.88d	4.26d	CP-201	0.95a	3.25bc	5.66b
				CP-528	0.95a	2.92c	6.02ab
				CP-531	0.95a	2.91c	4.95b

Los valores representan el promedio de 3 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$)

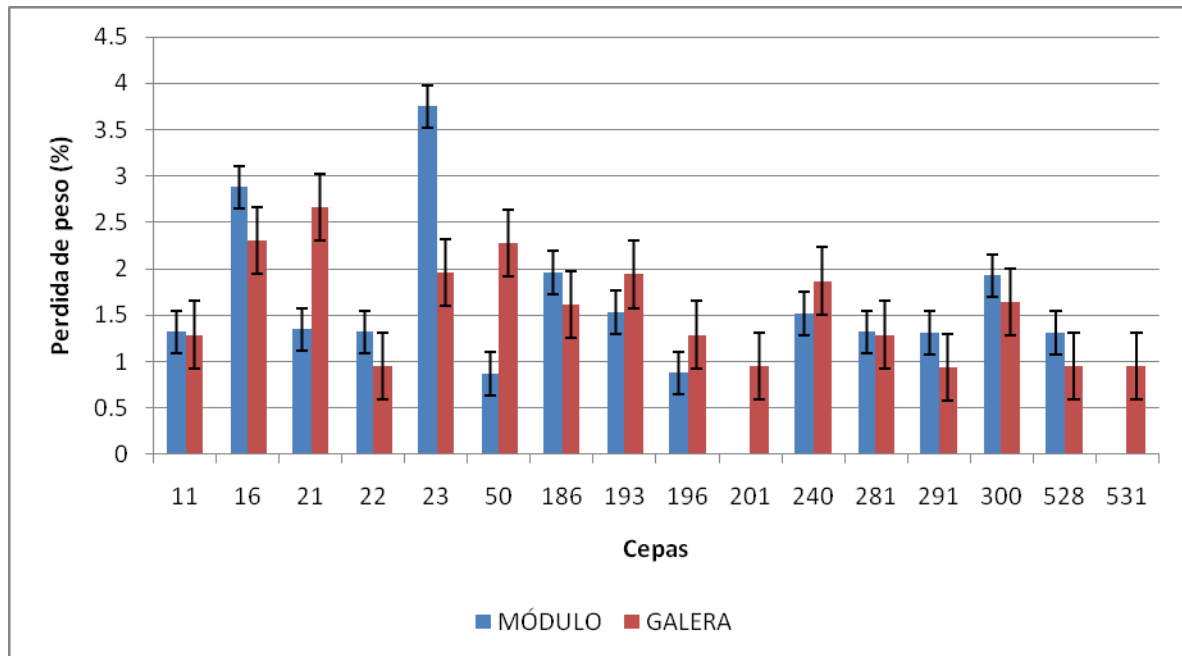
Para el segundo experimento (Tabla 30), la prueba de rangos múltiples de Tukey no encontró diferencias significativas en el porcentaje de pérdida de peso entre cepas a los tres días de refrigeración con medias de 0.95% - 2.66% lo cual es un porcentaje aceptable que indica buena calidad de cuerpos fructíferos almacenados.

A los 6 días de medición sucedió algo similar que en la prueba anterior, la CP-16 posee un porcentaje alto de pérdida de peso seguida de la CP-21 y CP-281 con valores superiores a 6.46% según la Tabla 30. A los nueve días, la CP-21 es la de menor vida de anaquel en la segunda prueba. En cambio las cepas que tuvieron un menor porcentaje de pérdida de peso son: CP-531, CP-201 y CP-22 con valores de 4.95% - 5.66% a los nueve días, seguido de las cepas CP-528, CP-291, CP-186, CP-240, CP-193, CP-196, CP-50, CP-23, CP-11, CP-300, CP-281 y CP-16 con porcentajes de 4.95% - 9.57% de pérdida de peso.

7.5.3.1. Comparación de la pérdida de peso de los cuerpos fructíferos almacenados en dos pruebas.

Al comparar el comportamiento del porcentaje de la pérdida de peso en ambos experimentos en la Figura 27, se puede observar que las cepas que poseen porcentajes de pérdidas similares en ambos experimentos a los tres días de medición fueron la CP-11, CP-22, CP-281, CP-291, CP-300 y CP-528. Las CP-23 y CP-16 tendieron a reducir el porcentaje de pérdida de peso, esto debido posiblemente a que en la primera prueba por carecer de cuerpos fructíferos suficientes, solo se pesaron 100 g de hongos por charola. En cambio las cepas que aumentaron su porcentaje de pérdida de peso fueron la CP-21, CP-50, CP-193, CP-196 y CP-240, posiblemente se deba a la necesidad de las cepas al pre-enfriamiento.

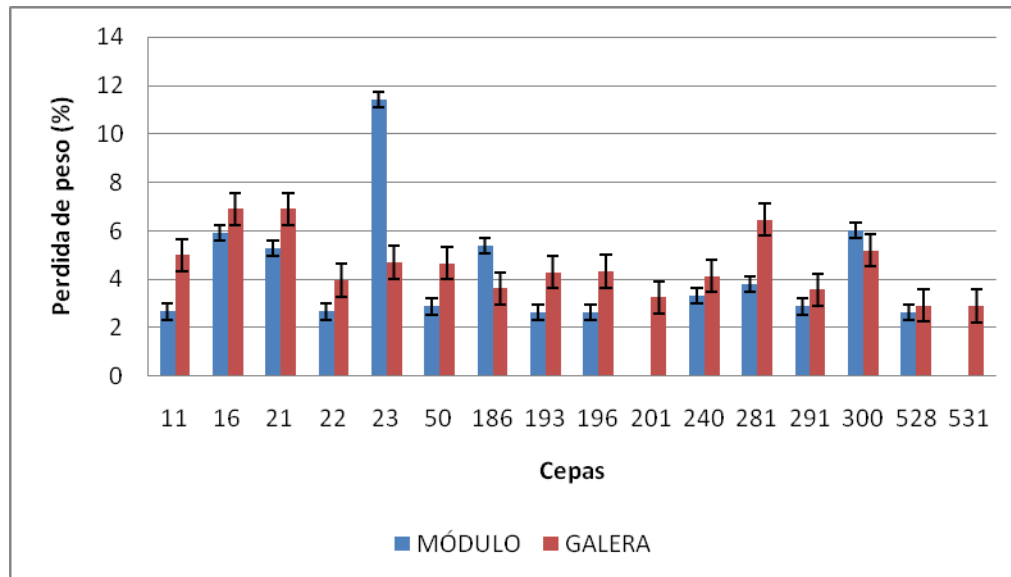
Figura 27. Comportamiento de la pérdida de peso a tres días de almacenamiento en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC .



Así mismo, se puede observar en la Figura anterior que la mayoría de las cepas a los tres días de medición, poseen un porcentaje de pérdida de peso $\leq 2\%$, lo cual indica que aun son cuerpos fructíferos con buena calidad para venta según lo recomienda Lamua (2000). A excepción de la CP-16, CP-21, CP-23 y CP-50 con porcentajes mayores al 2% en alguna de las dos pruebas.

Siguiendo con el análisis sobre la comparación de pruebas; se puede observar en la Figura 28, una tendencia marcada en la mayoría de las cepas a incrementar el porcentaje de la pérdida de peso a los seis días de almacenamiento en especial en la segunda prueba, con valores superiores al 3% a pesar de que se almacenaron a una menor temperatura (8°C) que en la primera prueba (11%), esto se debe a la necesidad de el pre-enfriado antes del almacenamiento, como lo recomienda Villaescusa y Gil (2003) o bien a la lejanía de la galera al refrigerador convencional.

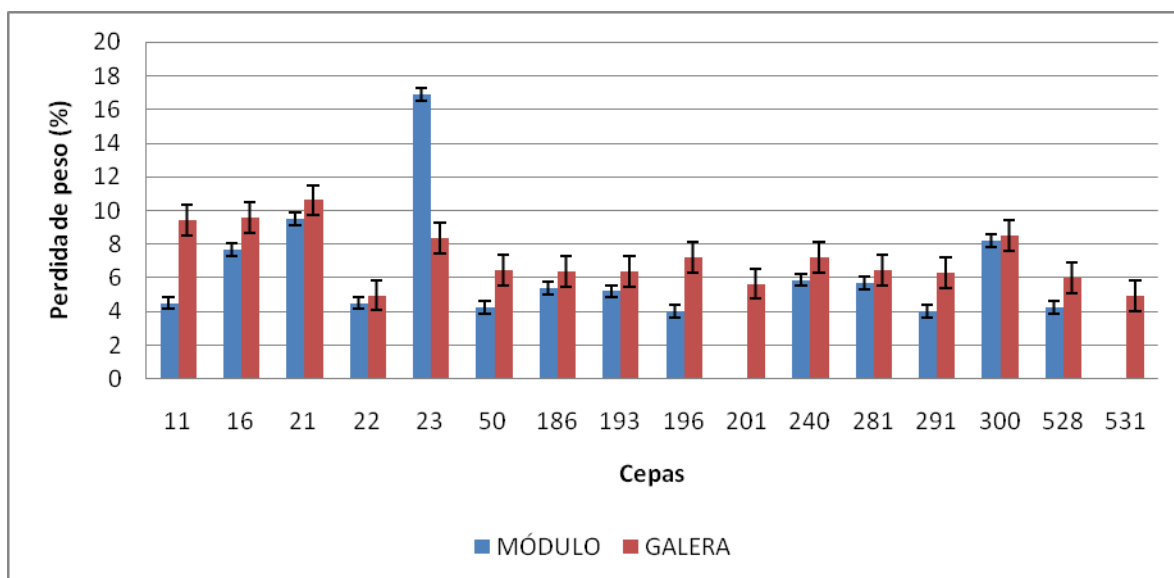
Figura 28. Comportamiento de la pérdida de peso a seis días de almacenamiento en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC .



A los nueve días de medición se puede ver en la Figura 29 algo similar que en la Figura anterior, ya que en la mayoría de las cepas existe un 2% más que la medición anterior ($\geq 5\%$), en algunas cepas como la CP-23, CP-21, CP-16, tienen pérdidas superiores al 8% de pérdida de peso, por lo que no se consideran con larga vida de anaquel, relacionado en gran medida a la especie a la que pertenecen (*Pleurotus pulmonarius*).

Por otro lado la CP-22, CP-50, CP-11, CP-193, CP-196, CP-281, CP-291 y CP-528, pertenecientes a la especie *P. ostreatus*, destacaron por tener un bajo porcentaje de pérdida de peso en ambas pruebas realizadas. Otras cepas que destacaron en la segunda prueba son la CP-201 y CP-531.

Figura 29. Comportamiento de la pérdida de peso a nueve días de almacenamiento en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC .



En ambas pruebas sobre la vida de anaquel de cuerpos fructíferos de las diferentes cepas comerciales estudiadas mostraron un alto porcentaje de pérdida de peso, esto se debió a la necesidad de actividades previas al empaque como el pre enfriado y a utilizar nuevas tecnologías como la aplicación de atmosferas modificadas (MAP) recomendado por Villa escusa y Gil (2003) con el fin de reducir la respiración y la traspiración que se traduce en la pérdida de peso; pero lamentablemente este tipo de tecnologías solo pueden ser adquiridas y recomendadas a productores que tengan una producción de tipo industrial, no a pequeños productores debido al alto costo de adquisición de infraestructura y asesoría externa.

7.5.4. Determinaciones físicas de los cuerpos fructíferos

7.5.4.1. Análisis sobre la calidad visual

En la prueba uno, a los tres, seis y nueve días de almacenadas, la CP-281, CP-531, CP-50, CP-291, CP-193, CP-300, CP-240. CP-528 y CP-22 fueron las mejores en cuanto a calidad visual; en cambio, la CP-186 y CP-196 fueron cepas que tuvieron mala calidad visual desde los primeros tres días de almacenamiento, aunque tuvieron reducidos porcentajes de pérdida de peso.

Al realizar la prueba dos, se pudo observar que a los tres días de almacenamiento todas las cepas tenían buena calidad visual además de bajo porcentaje de pérdida de peso. Pero al realizar la revisión a los seis días de almacenamiento, la cepa que no tuvo una buena calidad visual fue la CP-201 por la presencia de mohos en los cuerpos fructíferos. A los nueve días de revisión, las cepas que se conservaron con buena calidad visual fue la CP-22, CP-11, CP-291 y CP-16; las cepas que tuvieron calidad visual limitada fueron la CP-531, CP-528, CP-327, CP-300, CP-281, CP-240, CP-193 y CP-186; en cambio a las cepas que tuvieron desagradable calidad visual fueron la CP-201, CP-50, CP-23, CP-21 y CP-196.

Al comparar ambas pruebas se puede ver que tuvieron mayor calidad visual las charolas almacenadas de la segunda prueba que las de la primera, esto se debió a que estuvieron conservadas a una temperatura menor, pero a pesar de tener una buena calidad visual, se observó una mayor pérdida de peso (Tabla 30), esto se debió a la inexistencia del pre enfriado para estabilizar las actividades fisiológicas de los cuerpos fructíferos. Lo que lleva a demostrar la importancia de la temperatura de almacenamiento y las labores previas a este (pre enfriado).

Tabla 30. Valoración de calidad visual en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días.

PRUEBA 1 (Módulo)				PRUEBA 2 (Galera)			
CEPA	DIA3	DIA6	DIA 9	CEPA	DIA 3	DIA6	DIA 9
CP-240	7a	5b	5a	CP-11	7a	7a	5.66ab
CP-281	7a	5b	3b	CP-16	7a	7a	5.66ab
CP-22	7a	5b	5a	CP-186	7a	7a	5b
CP-193	7a	5b	5a	CP-193	7a	7a	5b
CP-528	7a	7a	5a	CP-196	7a	7a	4.3bc3
CP-300	7a	7a	5a	CP-201	7a	5b	3c
CP-196	5b	3c	1.66c	CP-21	7a	7a	4.33bc
CP-186	5b	3c	1.66c	CP-22	7a	7a	7a
CP-11	5b	5b	3b	CP-23	7a	7a	4.33bc
CP-16	5b	5b	3b	CP-240	7a	7a	5b
CP-291	5b	5b	3b	CP-281	7a	7a	5b
CP-23	5b	5b	3b	CP-291	7a	7a	5.66ab
CP-50	5b	3c	3b	CP-300	7a	7a	5b
CP-21	5b	5b	2.33bc	CP-327	7a	7a	5b
				CP-50	7a	7a	4.33bc
				CP-528	7a	7a	5b
				CP-531	7a	7a	5b

Los valores representan el promedio de 3 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de t de student ($P \leq 0.05$) bajo la escala: 9: Muy buena, 7: Buena, 5: Limitada, 3: Desagradable, 1: Muy desagradable.

7.5.4.2. Análisis sobre la textura

En la Tabla 31 durante la prueba uno, se pudo ver que las cepas CP-240, CP-16, CP-22, CP-193, CP-23, CP-528, CP-281, CP-300 y CP-21 tuvieron buena textura a los tres y seis días de almacenamiento, a los nueve días las cepas que destacaron por su textura son la CP-22 y CP-193 consideradas según la Tabla 28, con menor contenido de humedad (93% y 92%). En cambio, las cepas CP-196, CP-11, CP-186, CP-291 y CP-50 a los seis días de almacenamiento estaban moderadamente suaves y a los nueve días tenían textura suave, esto está relacionado con su contenido de humedad mostrado en la Tabla 28, en la que se puede notar que las cepas CP-196, CP-50 y CP-291 tienen un alto contenido de humedad (96%).

Durante la segunda prueba, a los tres días de almacenamiento todas las cepas tenían buena firmeza; pero a los seis, las cepas que destacaron por su firmeza son las CP-193, CP-21, CP-22, CP-240, CP-291, CP-300, CP-327, CP-50, CP-528 y CP-531, mientras que la CP-281 tuvo textura suave considerada como la de menor textura a los seis y nueve días, en cambio las que destacaron por su textura fue la CP-22, CP-240, CP-531 y CP-528. Por lo que se puede decir que la CP-22, CP-193, CP-528, CP-531 y CP-240 son consideradas como cepas de buena textura, no así la CP-281, CP-196, CP-291 y CP-50 estos resultados muestran una amplia relación con el contenido de humedad en los cuerpos fructíferos.

Tabla 31. Valoración de textura en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días.

PRUEBA 1 (Módulo)				PRUEBA 2 (Galera)			
CEPA	DIA3	DIA6	DIA 9	CEPA	DIA 3	DIA6	DIA 9
CP-240	7a	7a	5b	CP-11	7a	6.33ab	5bc
CP-16	7a	7a	5b	CP-16	7a	7a	5bc
CP-22	7a	7a	7a	CP-186	7a	6.33ab	5bc
CP-193	7a	7a	7a	CP-193	7a	7a	5bc
CP-21	7a	5bc	5b	CP-196	7a	6.33ab	5bc
CP-23	7a	7a	5b	CP-201	7a	6.33ab	5.66ab
CP-281	7a	5bc	5b	CP-21	7a	7a	5bc
CP-300	7a	5.66b	5b	CP-22	7a	7a	6.33a
CP-528	7a	7a	5b	CP-23	7a	6.33ab	5bc
CP-196	5b	5bc	3c	CP-240	7a	7a	5.66ab
CP-186	5b	5bc	3c	CP-281	7a	5.66b	4.35c
CP-11	5b	5bc	3c	CP-291	7a	7a	5bc
CP-291	5b	4.33c	3c	CP-300	7a	7a	5bc
CP-50	5b	5bc	3c	CP-327	7a	7a	5bc
				CP-50	7a	7a	5bc
				CP-528	7a	7a	5.66ab
				CP-531	7a	7a	5.66bc

Los valores representan el promedio de 3 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de t de student ($P \leq 0.05$) bajo la escala: 9: Firme y turgente, 7: Moderadamente firme, 5: Suave, 3: Muy suave, 1: Pastoso.

7.5.4.3. Análisis sobre el aroma

En la Tabla 32 se puede notar que en ambos experimentos no se observó ningún aroma a los tres días de almacenamiento; en cambio, a los seis días para el caso del primer experimento, las mejores fueron la CP-193, CP-528, CP-22, CP-281 y CP-300, las de olor moderadamente severo fueron la CP-11 y CP-21. En la prueba dos a los seis días de almacenamiento las peores fueron la CP-16 y CP-201 esta última por la presencia de mohos en los cuerpos fructíferos.

7.5.4.4. Análisis sobre la presencia de mohos

En lo que se refiere a la presencia de mohos en los cuerpos fructíferos almacenados, en la Tabla 33, se puede observar que a los tres días de almacenamiento en ambas pruebas existió una escasa presencia de mohos; es hasta los seis días donde se observó una moderada presencia de mohos en el caso de la primera prueba, en especial la CP-23. Al realizar la segunda prueba la CP-201 fue la que presentó una moderadamente severa presencia de mohos, seguida por la CP-300, CP-327, CP-21, CP-201, CP-196, CP-16.

Tabla 32. Valoración del aroma en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días.

PRUEBA 1 (Módulo)				PRUEBA 2 (Galera)			
CEPA	DIA3	DIA6	DIA 9	CEPA	DIA 3	DIA6	DIA 9
CP-240	7a	6.33ab	5b	CP-11	7a	7a	5.66abc
CP-16	7a	5c	5b	CP-16	7a	6.33a	4.33c
CP-186	7a	5.66bc	5b	CP-186	7a	7a	5.66abc
CP-193	7a	7a	5b	CP-193	7a	7a	7a
CP-196	7a	5.66bc	5b	CP-196	7a	7a	5bc
CP-528	7a	7a	7a	CP-201	7a	7a	4.33c
CP-22	7a	7a	5b	CP-21	7a	7a	5bc
CP-23	7a	5c	5b	CP-22	7a	7a	5bc
CP-50	7a	5c	5b	CP-23	7a	7a	5bc
CP-281	7a	7a	5b	CP-240	7a	7a	5bc
CP-291	7a	5c	5b	CP-281	7a	6.33a	5bc
CP-300	7a	7a	5b	CP-291	7a	6.33a	5bc
CP-11	6.33ab	5c	4.33c	CP-300	7a	7a	5bc
CP-21	6b	5c	4.33c	CP-327	7a	7a	5bc
				CP-50	7a	7a	5bc
				CP-528	7a	7a	6.33ab
				CP-531	7a	7a	5.66abc

Los valores representan el promedio de 3 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de t de student ($P \leq 0.05$) bajo la escala: 9: Nulo, 7: Suave, 5: Moderado, 3: Moderadamente severo, 1: Severo.

Tabla 33. Valoración de la presencia de mohos en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* spp. almacenados en charolas de poliestireno cubiertas con película transparente PVC por nueve días.

PRUEBA 1 (Módulo)				PRUEBA 2 (Galera)			
CEPA	DIA3	DIA6	DIA 9	CEPA	DIA 3	DIA6	DIA 9
CP-11	7a	5c	5a	CP-11	7a	7a	6.33a
CP-16	7a	5c	5a	CP-16	7a	5.66bc	3.66cd
CP-186	7a	5c	5a	CP-186	7a	7a	6.33a
CP-193	7a	7a	5a	CP-193	7a	7a	5.66ab
CP-196	7a	5c	5a	CP-196	7a	6.33ab	4.33bcd
CP-281	7a	5.66b	5a	CP-201	7a	5c	3d
CP-22	7a	7a	5a	CP-21	7a	5.66bc	3.66cd
CP-300	7a	7a	5a	CP-22	7a	7a	6.33a
CP-240	7a	7a	5a	CP-23	7a	7a	6.33a
CP-50	7a	5c	5a	CP-240	7a	7a	6.33a
CP-528	6.33ab	5c	5a	CP-281	7a	7a	5abc
CP-21	5.66bc	5c	5a	CP-291	7a	7a	5.66ab
CP-291	5c	5c	5a	CP-300	7a	6.33ab	4.33bcd
CP-23	5c	5c	3b	CP-327	7a	5.66bc	3.66cd
				CP-50	7a	7a	5.66ab
				CP-528	7a	7a	5abc
				CP-531	7a	7a	5.66ab

Los valores representan el promedio de 3 replicas. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de t de student ($P \leq 0.05$) bajo la escala: 9: Nulo, 7: Escaso, 5: Moderado, 3: Moderadamente severo, 1: Severo.

7.6. Prueba de preferencia de las cepas comerciales estudiadas

7.6.1. Rendimiento de los cuerpos fructíferos en la cocción

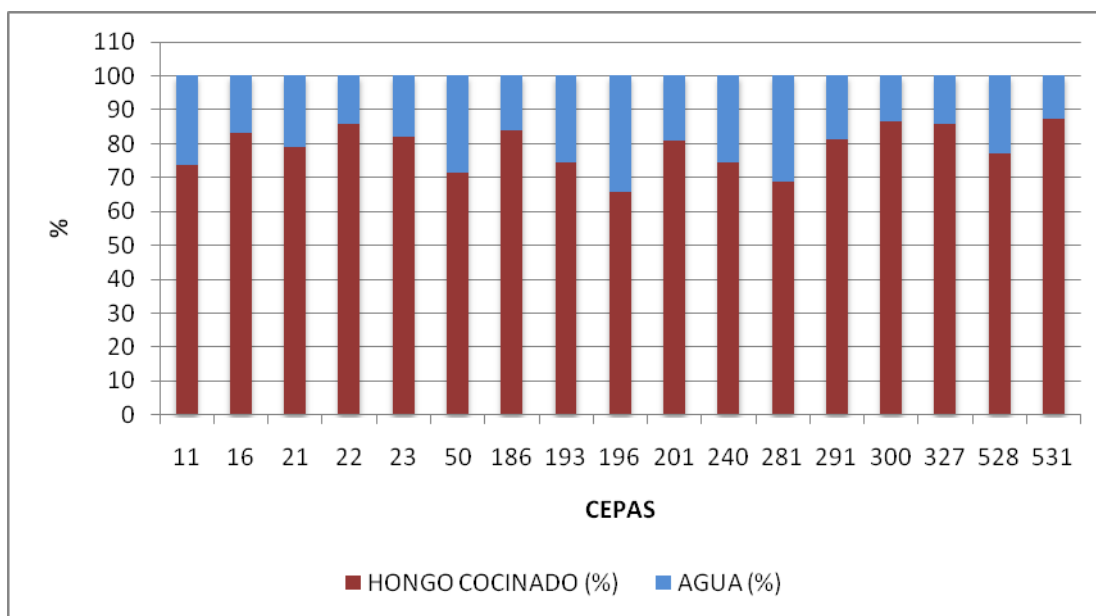
En base a la metodología planteada anteriormente, se determinó el rendimiento del cuerpo fructífero del genero *Pleurotus* spp. al cocinarse. En la Tabla 35, se observa que la cepas CP-281, CP-196 y CP-50 son las que tienen un mayor porcentaje de la pérdida de agua y que está en relación con el porcentaje de humedad (Tabla 28). Otras cepas que no son muy rendidoras son: CP-240, CP-528 y CP-193 debido no solo al porcentaje de humedad si no a la baja capacidad de resistencia a la pérdida de agua por cocción, ya que son cuerpos fructíferos delicados y de textura suave; en el caso de la CP-11 posee un textura quebradiza lo que la hace susceptible a la pérdida de agua por cocción.

Tabla 34. Determinación del rendimiento de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* spp. durante su cocción.

Cepa	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Rendimiento (%)	Pérdida de agua (%)
CP-11	250	184	73.6	26.4
CP-16	250	208	83.2	16.8
CP-21	250	197	78.8	21.2
CP-22	250	214	85.6	14.4
CP-23	250	205	82	18
CP-50	250	178	71.2	28.8
CP-186	250	210	84	16
CP-193	250	186	74.4	25.6
CP-196	250	164	65.6	34.4
CP-201	250	202	80.8	19.2
CP-240	250	186	74.4	25.6
CP-281	250	172	68.8	31.2
CP-291	250	203	81.2	18.8
CP-300	250	216	86.4	13.6
CP-327	250	214	85.6	14.4
CP-528	250	193	77.2	22.8
CP-531	250	218	87.2	12.8

En la Figura 30 se muestra las cepas que son rendidoras al cocinarse, no solo por su bajo contenido de humedad (Tabla 28) si no por la textura coriácea que poseen las cuales son: CP-201, CP-22, CP-327, CP-186, CP-291 y CP-300. La CP-16, CP-23 y CP-21 son cepas que se consideraron rendidoras por su bajo contenido de humedad en comparación de las demás cepas.

Figura 30. Relación entre la perdida de agua y rendimiento de los cuerpos fructíferos al cocinarse.



7.6.2. Prueba hedónica piloto realizada en el Colegio de Postgraduados Campus Puebla

Para la prueba hedónica piloto se utilizaron paneles no entrenados incluyendo personas con un grado de estudios de licenciatura a doctorado y con edades promedio de 25 a 60 años.

Durante la primera prueba hedónica, las cepas que consideraron de mejor sabor fue la CP-16 (7.93), CP-196 (7.66) y CP-240 (7.93), medias que se traducen de acuerdo a nuestra escala hedónica: “me gusta” a “me gusta mucho”. Otras cepas que fueron consideradas como de buen sabor son la CP-528, CP-281, CP-23, CP-291, CP-186, CP-300 y CP-21, las cuales poseen medias de 7.13 a 7.5 que son valores que

significan “me gusta” (Tabla 35). Las cepas que los panelistas consideraron proporcionarles valores de 6.33 que significa “ni me gusta ni me disgusta” a “me gusta” fueron CP-50, CP-22 y CP-193 siendo estas las que menos les agradó.

En el parámetro de calidad visual la mejor cepa fue la CP-11 con una media de 8.2 pero no fue considerada de mejor sabor (6.6), algo similar sucedió con las cepas CP-22 y CP-193 (Tabla 35). Las cepas que el panel consideró que les agradaba su calidad visual pero en menor grado que las cepas anteriores fue la CP-300 y CP-291, estas cepas en fresco son de color crema claro, por lo que el consumidor al verlas en los anaqueles puede tener la tendencia a comprarlas aunado a que fueron consideradas en el parámetro de sabor como aceptables, por lo que pueden ser una opción para la producción. Las CP-21, CP-196, CP-186 y CP-240 también fueron consideradas por el panel como unas de las mejores en calidad visual aunque en fresco son cepas cafés (CP-21) y grises por lo que tienen una barrera de compra en fresco. La cepa que según los panelistas tuvo la media más baja en cuanto a calidad visual fue la CP-16 (6.73) pero fue considerada como la de mejor sabor durante la prueba, algunos mencionaban que tenía un ligero sabor a pescado, algo similar sucedió con la CP-23. Otras cepas que tuvieron medias bajas en este parámetro fueron: CP-528 y CP-281 (6.86).

En el parámetro de consistencia, las cepas que el panel consideró como las mejores fueron la CP-196 seguida de la CP-300, CP-16, CP-528, CP-240, CP-11, CP-193, CP-291, CP-186, CP-22, CP-23 y CP-50. Por último, el parámetro de olor no hubo diferencias significativas entre cepas.

Tabla 35. Prueba hedónica piloto realizada en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla.

Cepa	Sabor	Calidad visual	Aroma	Consistencia
CP-11	6.6bc	8.2a	7.0a	7.53abc
CP-21	7.53ab	7.8ab	7.53a	6.73c
CP-193	6.33c	7.8ab	7.0a	7.53abc
CP-22	6.33c	7.66abc	6.73a	7.4abc
CP-240	7.93a	7.66abc	7.4a	7.66abc
CP-300	7.4ab	7.33abcd	7.13a	7.8ab
CP-196	7.66a	7.53abcd	7.53a	8.06a
CP-186	7.4ab	7.4abcd	7.53a	7.26abc
CP-291	7.26abc	7.4abcd	7.53a	7.53abc
CP-23	7.26abc	7.13bcd	7.4a	7.26abc
CP-50	6.33c	7.13bcd	6.6a	7.26abc
CP-281	7.13abc	6.86dc	7.0a	7.0bc
CP-528	7.26abc	6.86dc	7.26a	7.66abc
CP-16	7.93a	6.73d	7.53a	7.66abc

Escala hedónica: 9: me gusta mucho, 7: me gusta, 5: no me gusta ni me disgusta, 3: no me gusta mucho, 1: no me gusta. Los valores representan el promedio de 15 evaluaciones. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de T de student ($P \leq 0.05\%$).

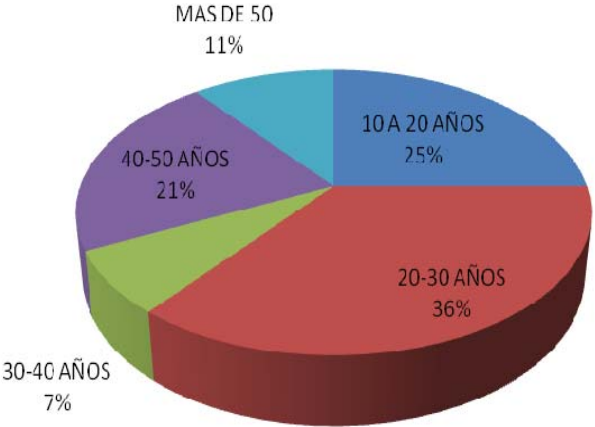
7.6.3. Prueba hedónica realizada en la ciudad de Libres, Puebla

7.6.3.1. Características del panel

Durante la segunda fase de la prueba hedónica, realizada en domingo el día de plaza en la ciudad de Libres, Puebla; se realizó la prueba hedónica con panel no entrenado, es decir potenciales consumidores de hongos pero sin un entrenamiento previo, este panel incluía el 61% de población femenina y el 39% de población masculina debido a que las mujeres tienen mayor intención y más paciencia para realizar este tipo de pruebas.

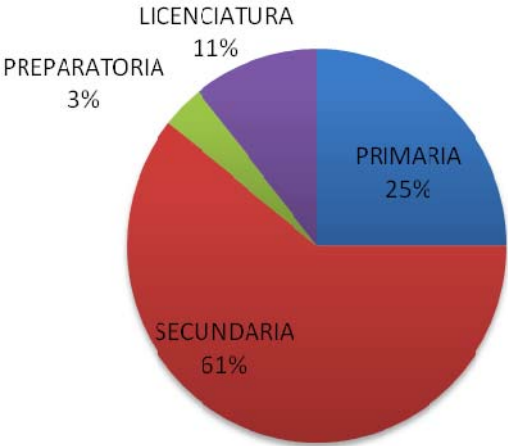
En lo que se refiere al rubro de la distribución de la edad en el panel, fue en su mayoría la edad de 10 a 30 años (61%) (Figura 31), solo el 7% del panel tenía de 30 a 40 años y el 31% de más de 40 años, en este rubro se incluía a las amas de casa.

Figura 31. Distribución de edades del panel de degustación realizado en la Ciudad de Libres, Puebla.



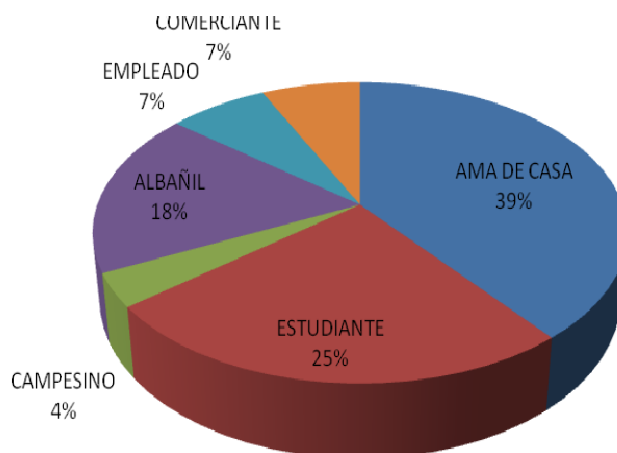
En otro ámbito, la escolaridad del panel se muestra en la Figura 32, y se observa que está integrado por un 25% de personas con primaria y un 61% de secundaria, sumando un 86% y solo el 14 % posee preparatoria y universidad.

Figura 32. Distribución de la escolaridad del panel de degustación ubicado en la ciudad de Libres, Puebla



En cuanto a la ocupación del panel se puede ver en la Figura 33, que el mayor rubro fue de amas de casa (39%), el 25% de estudiantes, en el que se incluye en su mayoría a los niños y jóvenes y el 36% entre campesinos, comerciantes, empleados y albañiles, este rubro se encuentra compuesto en su mayoría por hombres.

Figura 33. Distribución de la ocupación del panel de degustación ubicado en la ciudad de Libres, Puebla.



7.6.3.2. Analisis de la prueba hedónica

Para determinar el agrado de cada una de las cepas, se realizó un prueba de comparación de medias T de student con un $\alpha \leq 0.05$ (Tabla 36). La cual muestra que las cepas que el panel consideró de mejor sabor fue la CP-291 (7.5) al igual que la prueba anterior, la CP-196 (7.42), seguidas por la CP-186, CP-193, CP-300 con valores superiores a 7 o cual significa que les gustan las cepas. Mientras que la CP-528, CP-327, CP-50, CP-240, CP-11, CP-21, CP-23, CP-531, CP-16, CP-22 y CP-201, de acuerdo a la prueba de medias T de student fueron consideradas aceptables, aunque los valores que obtuvieron fueron de 6.21 a 6.92 que según nuestra escala hedónica significan que van desde “no me gusta ni me disgusta”, en cambio, la cepa que menos les agrado fue la CP-281 con un valor de 6.07.

En lo que se refiere a la calidad visual, las cepas que según el panel seleccionó como las mejores fueron la CP-528 y CP-186 con una media de 7.55 aunque los cuerpos fructíferos en fresco sean de color gris; seguidas por la CP-193, CP-327, CP-291, CP-196 y CP-300 las cuales poseen valores superiores a 7, mientras que las cepas CP-50, CP-240, CP-21, CP-23, CP-11, CP-531 obtuvieron valores de 6.35 a 6.78 de acuerdo a la prueba de medias T de Student. Por otro lado las cepas que menos agradaron al panel fueron la CP-201, CP-281, CP-22 y CP-16, las primeras tres son de color crema y la CP-16 es de color café, por lo que se puede decir que la calidad visual no dependió en gran medida del color de los cuerpos fructíferos en fresco.

En la variable dependiente aroma, la prueba de medias T de student con un $\alpha \leq 0.05$ encontro diferencias significativas, por lo que la cepa que tuvo mejor aroma fue la CP-291 con una media de 7.92 seguida por la CP-186, CP-528, CP-193, CP-327, CP-300, CP-50, CP-23, CP-531 y CP-16, con valores de 7.07-7.28 por lo que estan en la escala de "me gusta". En cambio, las cepas que menos le agradaron al panel fueron la CP-196, CP-240, CP-281 y CP-201 con valores de 6.42 a 6.78, lo cual significa que "no les gusta ni les disgusta". En cuanto a la variable dependiente: consistencia, las cepas que fueron aceptadas por el panel son: la CP-21 seguida por la CP-186, CP-528, CP-327, CP-196, CP-300, CP-21 y CP-531 con medias superiores a 7, la cepa que menos agrado en consistencia fue la CP-281 con una media de 5.85 (no me gusta ni me disgusta).

Tabla 36. Prueba hedónica realizada en la ciudad de Libres, Puebla.

Cepa	Sabor	Visual	Aroma	Consistencia
CP-186	7.21ab	7.57a	7.14ab	7ab
CP-528	6.92ab	7.57a	7.21ab	7.07ab
CP-193	7.14ab	7.35ab	7.28ab	6.64ab
CP-327	6.42ab	7.21ab	7.07ab	7ab
CP-291	7.5a	7.14ab	7.92a	6.92ab
CP-196	7.42a	7.07abc	6.5b	7ab
CP-300	7.21ab	7abcd	7.21ab	7ab
CP-50	6.57ab	6.78abcd	7.14ab	6.35ab
CP-240	6.21ab	6.71abcd	6.42b	6.64ab
CP-11	6.28ab	6.64abcd	6.92ab	6.35ab
CP-21	6.85ab	6.57abcd	6.92ab	7.28a
CP-23	6.35ab	6.35abcd	7.21ab	6.64ab
CP-531	6.92ab	6.35abcd	7ab	7.07ab
CP-281	6.07b	6.28bcd	6.78b	5.85b
CP-16	6.35ab	6.14bcd	7.07ab	6.71ab
CP-22	6.35ab	5.85cd	6.92ab	6.35ab
CP-201	6.64ab	5.78d	6.64b	6.21ab

Escala hedónica: 9: me gusta mucho, 7: me gusta, 5: no me gusta ni me disgusta, 3: no me gusta mucho, 1: no me gusta. Los valores representan el promedio de 28 evaluaciones. Valores que no comparten una misma letra indican diferencias significativas con la prueba de rangos múltiples de T de student ($P \leq 0.05\%$).

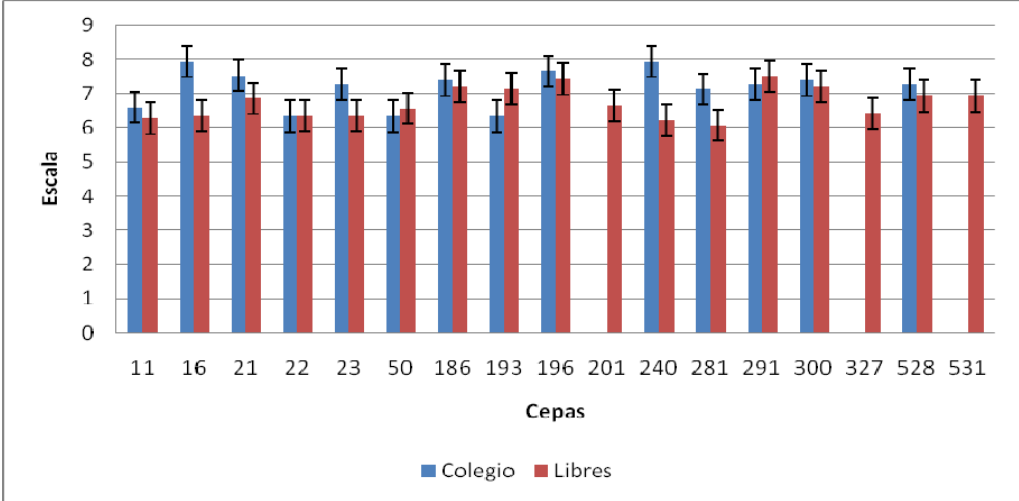
7.6.3.3. Análisis comparativo entre las dos pruebas hedónicas

7.6.3.3.1. Variable dependiente: sabor

Al realizar la comparación de la prueba hedónica piloto y en campo, en relación a la variable dependiente sabor (Tabla 35 y 36) se puede apreciar de manera general que el panel conformado por personal del colegio fue más “venebolente” que el conformado por la población de Libres, Puebla, en especial para las cepas: CP-16, CP-21, CP-23, CP-240 y CP-281.

Las cepas que se mantuvieron bajo medias similares fueron las CP-11, CP-22, CP-50, CP-186, CP-196, CP-291 y CP-528; en cambio, la cepa que mas favorecio el panel de la ciudad de Libres Puebla fue la CP-193 en comparación con el panel piloto. En la Figura 34 se puede apreciar que las cepas que tuvieron valores iguales o superiores a 7 (me gusta) en ambas pruebas son: CP-186, CP-196, CP-291, CP-300, CP-528 y CP-531. Aunque la CP-16, CP-21, CP-23, CP-240 y CP-281 fueron consideradas como agradables para el caso del panel del Colegio de Postgraduados, no fue así para el panel del mercado de la ciudad de Libres, Puebla.

Figura 34. Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: sabor.



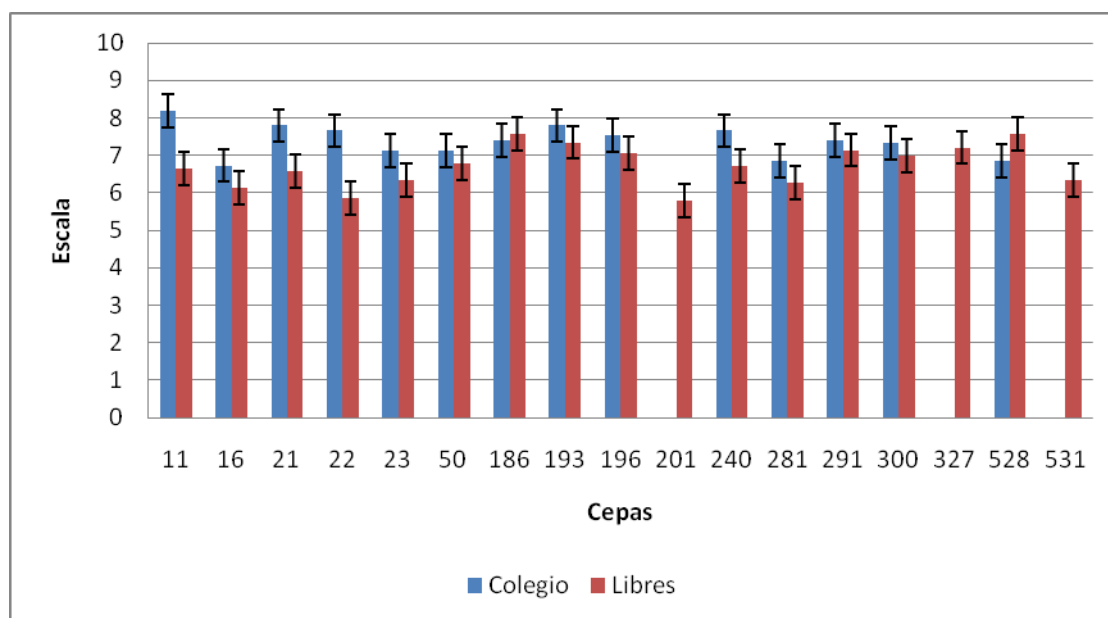
Escala hedónica: 9: me gusta mucho, 7: me gusta, 5: no me gusta ni me disgusta, 3: no me gusta mucho, 1: no me gusta.

7.6.3.3.2. Variable dependiente: calidad visual

En lo que se refiere a la variable dependiente “calidad visual”, el panel del Colegio de Postgraduados tuvo la misma tendencia que la variable anterior ya que fue más benevolente el panel del Colegio de Postgraduados que el panel de la Ciudad de Libres, Puebla, en especial con las cepas CP-11, CP-16, CP-21, CP-22, CP-23, CP-240 y CP-281 (Figura 35), mientras que para la CP-50, CP-186, CP-193, CP-196, CP291 y CP-300 sus medias fueron similares en ambos paneles; en cambio para la

CP-528 el panel de Libres la favoreció. También se observa que las cepas que mantuvieron nominaciones mayores o iguales a siete que de acuerdo a la escala hedónica propuesta indica “Me gusta” en ambas pruebas fueron la CP-186, CP-193, CP-196, CP-291 y CP-300.

Figura 35. Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: calidad visual.

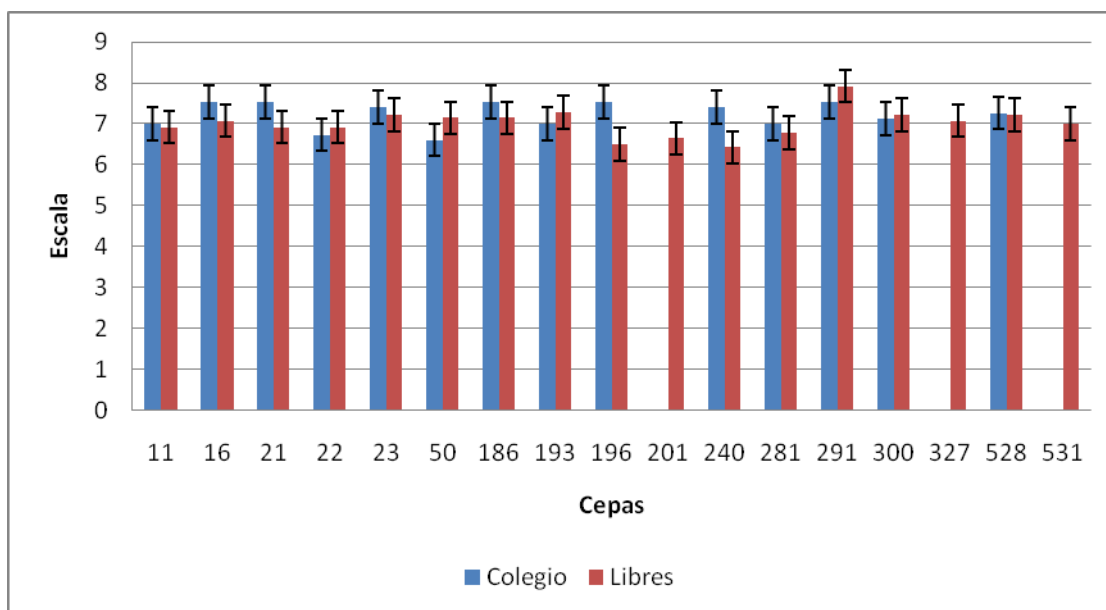


Escala hedónica: 9: me gusta mucho, 7: me gusta, 5: no me gusta ni me disgusta, 3: no me gusta mucho, 1: no me gusta.

7.6.3.3.3. Variable dependiente: aroma

En este aspecto, ambos paneles arrojaron medias similares (Figura 36), en especial el panel de Colegio de Postgraduados ya que la prueba de medias T de student no encontró diferencias significativas con un $\alpha \leq 0.05$ entre cepas. Las cepas que mantuvieron medias iguales o superiores a siete en ambas pruebas fueron la CP-11, CP-16, CP-21, CP-23, CP-186, CP-193, CP-291, CP-300, CP-528, CP-531 y CP-327.

Figura 36. Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: aroma.

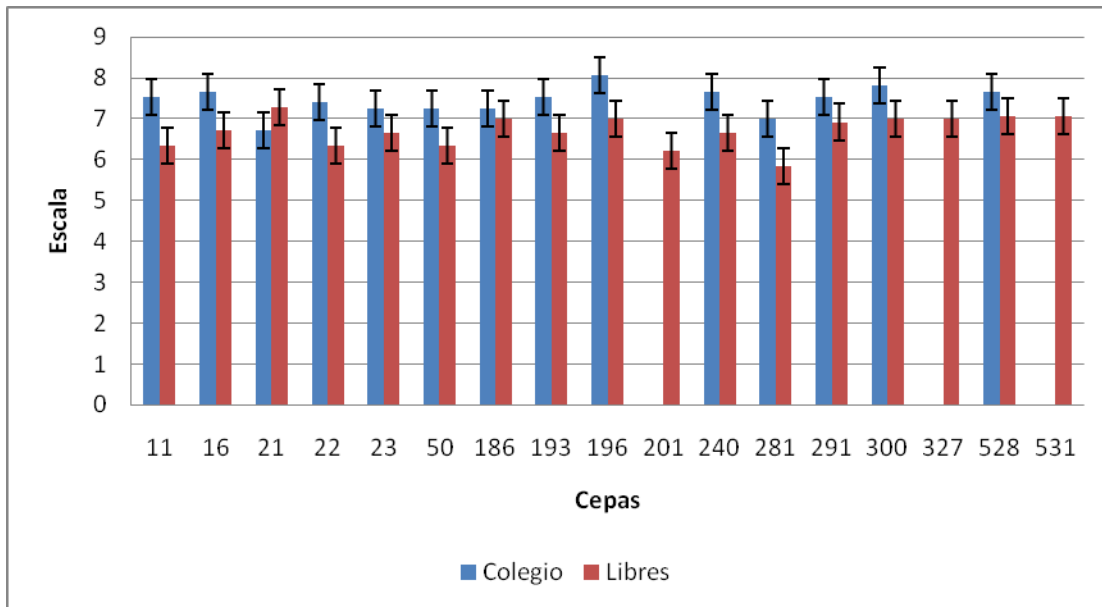


Escala hedónica: 9: me gusta mucho, 7: me gusta, 5: no me gusta ni me disgusta, 3: no me gusta mucho, 1: no me gusta.

7.6.3.3.4. Variable dependiente: consistencia

Las cepas que mantuvieron valores iguales o superiores a siete en ambas pruebas fueron: CP-186, CP-196, CP-300, CP-528 y CP-531 (Figura 37).

Figura 37. Comparación de las pruebas hedónicas realizadas en el Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla y en Libres, Puebla bajo la variable dependiente: consistencia.



Escala hedónica: 9: me gusta mucho, 7: me gusta, 5: no me gusta ni me disgusta, 3: no me gusta mucho, 1: no me gusta.

Recapitulando, se puede decir que las cepas CP-186 y CP-300 son de las mas preferidas en los cuatro parámetros a evaluar; mientras que la CP-528 y CP-531 fueron seleccionadas como las de mejor sabor, aroma y consistencia, no así en calidad visual; la CP-291 fue considerada como una de las mejores en sabor, calidad visual y aroma pero no muy bien aceptada en el parámetro de consistencia. La CP-196 fue considerada la de mejor sabor, calidad visual y consistencia, no así en aroma. La CP-50 considerada como la cepa que comercializa el Colegio de Postgraduados, al realizar ambas pruebas hedónicas, bajo la variable dependiente sabor, obtuvo medias de 6.33 y 6.57 los cuales según la escala hedónica propuesta indica “no me gusta ni me disgusta”.

8. CONCLUSIONES

Al realizar el análisis filogenético, se determinaron dos grupos: *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*.

Las cepas CP-281, CP-291 y CP-528 de *Pleurotus ostreatus*, prefieren el frío, al ser productivas en invierno.

Las cepas de *P. ostreatus*, CP-196, CP-300 y CP-22 se consideraron precoces, productivas y de buena calidad de cuerpos fructíferos tanto en el módulo experimental como en la galera rústica.

La CP-50 de *P. ostreatus* fue considerada como productiva en ambos ciclos, pero con crecimiento lento en invierno; posee buena calidad de cuerpo fructífero, larga vida de anaquel y el panel la valoró dentro de la escala: “no les gusta ni les disgusta”.

Las cepas pertenecientes a *Pleurotus pulmonarius* (CP-16, CP-21 y CP-23) son consideradas precoces, pero no productivas en ambas condiciones de cultivo. Además, presentan una vida de anaquel corta en comparación con *Pleurotus ostreatus*.

Las cepas que se distinguieron por su larga vida de anaquel en ambos experimentos fueron la CP-22, CP-193, CP-50, CP-528, CP-531 y CP-291.

Las cepas poseen una buena calidad a los tres días de almacenamiento en ambas pruebas de almacenamiento al perder sólo un $\leq 2\%$ - 3% de pérdida de peso.

En cuanto a las pruebas hedónicas las cepas de *Pleurotus ostreatus* (CP-186, CP-196, CP-291, CP-193, CP-300) y *Pleurotus spp.* (CP-528 y CP-531), fueron las que más prefirieron el panel de degustación.

9. RECOMENDACIONES

Es indispensable seguir caracterizando los recursos genéticos de hongos comestibles depositados en los ceparios y mantener los registros actualizados para asegurar la veracidad del material biológico.

Seguir con el cultivo de los diferentes materiales biológicos existentes en el CREGENHC (Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles) durante las cuatro épocas de año y en diferentes localidades, con el fin de recomendar cepas adecuadas a otras condiciones climáticas y de infraestructura existentes en nuestro estado.

En base al conocimiento de las diferentes características de las cepas, establecer un programa de mejoramiento genético de hongos del género *Pleurotus* spp., el cual pueda cubrir las necesidades de los productores, así como la rotación de cepas para evitar plagas y enfermedades.

Realizar pruebas sobre la necesidad del pre enfriado en *Pleurotus ostreatus*, así como de la vida de anaquel o postcosecha de estas y otras cepas con el equipo necesario.

La divulgación a través de pruebas de degustación en lugares estratégicos, con el fin de dar a conocer el producto y determinar cuál es la cepa o cepas que el consumidor prefiere comprar, ya sea en fresco o cocinado, la cual sería una opción viable y segura de aumentar el mercado de los hongos.

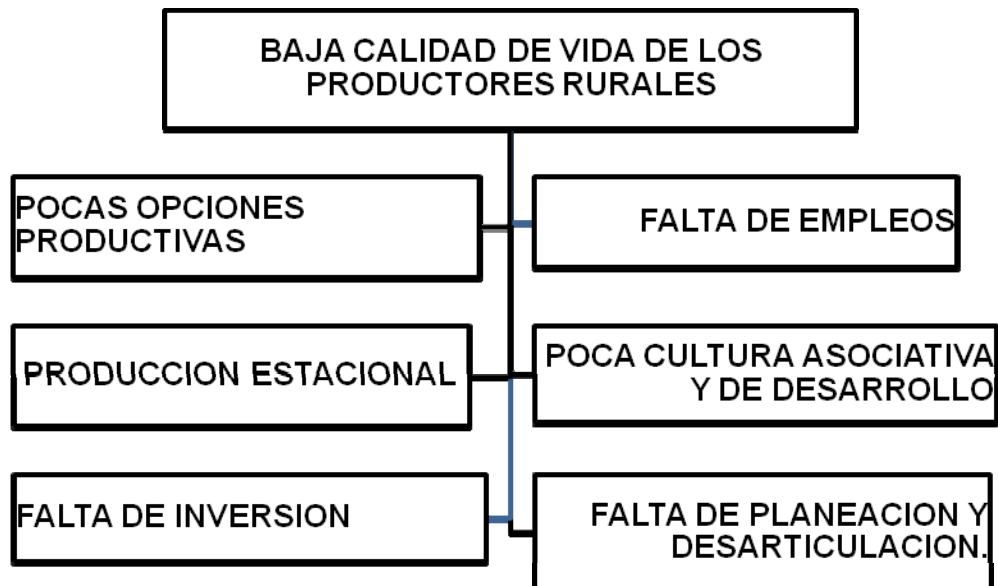
10. ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE CUYOACO, PUEBLA

La biotecnología es una herramienta útil para la producción rural de hongos comestibles, la cual se puede utilizar y enfocar hacia el desarrollo de las comunidades rurales, ésta tecnología puede transformar la producción rural a nivel regional y nacional. El CREGENHC (Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles) conserva diferentes materiales genéticos que pueden ser mejorados genéticamente, se pueden seleccionar las cepas óptimas bajo las diferentes condiciones climáticas y de infraestructura, existentes en nuestro estado con el fin de proporcionar material biológico adecuado para la producción y consumo. Con el fin de llegar a plantear una estrategia de desarrollo, en el municipio de Cuyoaco, Puebla y alrededores, se realizó una matriz de potencialidades (Tabla 37), así como un análisis de la problemática existente (Figura 38) para realizar una planificación y proponer líneas de acción a seguir.

Tabla 37. Matriz de potencialidades, limitaciones y problemas en el Municipio de Cuyoaco, Puebla.

AREA TEMATICA	POTENCIALIDADES	LIMITACIONES	PROBLEMAS
Área económica (sistema agrícola)	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial forrajera (avena, cebada, trigo, maíz). • Diversificación de cultivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estacionalidad de la producción. • Canales de comercialización deficientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco rentable. • Producción insegura. • Bajos rendimientos.
Sistema físico-cultural	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras cercanas (Puebla-Teziutlán). • La gente mayor tiende arraigarse en el lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos climáticos (heladas y sequías). • Suelos pobres. 	<ul style="list-style-type: none"> • La carretera federal en mal estado. • Baja cultura asociativa. • Fala de conciencia de desarrollo.
Demografía y mercado de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Población joven económicamente activa. • Mano de obra familiar (mujeres y jóvenes). 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocas oportunidades de empleo. • Poca capacitación para el trabajo. • Poblaciones dispersas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Migración. • Alcoholismo y drogadicción.
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Terrenos extensos. • Bodegas desocupadas. • Comunicaciones y telecomunicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconocimiento de los usos alternativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de inversión.
Aspectos institucionales	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajos niveles de consenso. • Desconocimiento de los planes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja coordinación interinstitucional

Figura 38. Análisis del problema en el municipio de Cuyoaco, Puebla.



Objetivo general:

Mejorar la calidad de vida de los productores rurales mediante propuestas sobre nuevas opciones productivas, utilizando sus propios recursos y mano de obra familiar, generando empleo a mujeres y jóvenes durante el año.

Objetivos particulares:

- Recomendar cepas comerciales precoces tanto en primavera como en invierno, para diversificar su producción y así evitar la intermitencia y estacionalidad de la producción.
- Generar el interés por la utilización de subproductos agrícolas de la región para la producción de hongos comestibles.
- Promover el interés por el cultivo de hongos comestibles orgánicos.

Actores:

1. Personas que tengan el interés por mejorar su calidad de vida en el sector rural y diversificar su producción de hongos comestibles cultivados.
2. Centros de investigación cercanos a la zona de estudio y que estén relacionados con la biotecnología de hongos comestibles como la Benemérita, Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), el Colegio de Postgraduados (CP), la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UAT), el Instituto Tecnológico Agropecuario (ITA), el Instituto Tecnológico Superior de la Ciudad de Libres, entre otros.
3. Instituciones de financiamiento al sector rural: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Fideicomiso Rural para el Campo (FIRCO), Secretaría de Desarrollo Rural (SDR), Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) y Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).
4. Comerciantes: como uno de los eslabones principales dentro de esta cadena, con el fin de realizar alianzas estratégicas comerciales para la compra/venta de la producción de hongos comestibles.
5. Consumidores: son los que aprueban o desaprueban el producto, así como la creación de conciencia hacia los alimentos más saludables con propiedades funcionales como son los hongos comestibles a fin de generar el consumo todo el año.

Líneas de Acción:

- Formación de la fuerza de trabajo:
 - Talleres de capacitación para la producción e industrialización de hongo seta entre los jóvenes y mujeres a fin de que generen su negocio familiar.
 - Talleres sobre la comercialización: formas de presentación y venta.
 - Taller sobre actividades postcosecha y almacenamiento.
 - Talleres sobre la promoción de su producto, mediante degustaciones entre los consumidores potenciales.
 - Talleres sobre la elaboración de composta para fertilizar sus campos a fin de obtener productos amigables con la naturaleza.

- Utilización de cepas como la CP-300, CP-22 y CP-196, por su gran potencial productivo, tanto en invierno como en primavera.
- Probar constantemente nuevas cepas, en diferentes épocas del año, así mismo, la utilización de nuevos sustratos bajo diferentes condiciones de infraestructura.

14. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, D. L., 2007. Producción de inóculo líquido para el cultivo de *Pleurotus spp.* Tesis maestría. Instituto Politécnico Nacional, México. D.F.
- Álvarez, A. R., 2000. Atmosferas modificadas y refrigeración en postcosecha de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. Tesis de Maestría Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp. 85.
- Arjona, D., Aragón, C., Aguilera, J. A., Ramírez, L. y Pisabarro J., 2008. Reproducible and controllable light induction of *in vitro* fruiting of the white-rot basidiomycete *Pleurotus ostreatus*. *Mycological Research* 10:1016.
- Arriaga-Arellano, E. y A. Larqué-Saavedra, 2001. Diagnóstico de la situación de la Biotecnología en México. F. Bolívar (coordinador y editor) En: "Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el Siglo XXI: Retos y oportunidades". Conacyt, México, D.F. pp. 43-70.
- Barkin, D., 1999. Superando el paradigma neoliberal: desarrollo popular sustentable. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 43: 11-31.
- Bermúdez, R. C., M. C. Martínez, C. Donoso, E. I. Ramos y H. Joaquín, 2002. Efecto de la luz en la concentración de micosteroides de *Pleurotus ostreatus* var. *florida*. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 16(1):8-13.
- Bolívar, F. G., 2004, Ingeniería genética, herramientas moleculares y los métodos para aislar, caracterizar y manipular el DNA. Capítulo II. En: *Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología Moderna*. Colegio Nacional, México D.F. pág. 57-84.
- Bull, A. T., A. C. Ward y M. Goodfellow, 2000. Search and discovery strategies for biotechnology: the paradigm shift. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 64: 573-606.
- Bunyard, B. A., C. Suvalux, M. S. Nicholson y D. J. Royse, 1996. Ribosomal DNA analysis for resolution of genotypic classes of *Pleurotus*. *Mycological Research* 100 (2): 143-150.
- Burton, K. S. y R. V. Twyning, 1989. Extending mushroom storage –life by combining modified atmosphere packaging and cooling. *Acta Horticulture* 258: 565-569.
- Burton, K. S., 1991. Modified atmosphere packaging of mushroom- Review and recent developments. Science and cultivation of edible fungi. *Proceeding of 13th. International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi*. Vol. 2 : 683-688.
- CODEx STAN 38-1981. Norma General del Codex para los hongos comestibles y sus productos.

- Conabio, 1997. La diversidad biológica de México: estudio de país. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D.F. Pp.226.
- Challen, M. P., A. J. Moore y D. Martínez –Carrera, 1995. Facile extraction and purification of filamentous fungal DNA. *Bio Techniques* 18: 975-978.
- Chang, S. T. y W. A. Hayes, 1978. *The Biology and cultivation of edible mushrooms*. Academic Press, Nueva York.
- Chang, S. T., 1999. Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21st Century: No green revolution. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1: 1-7.
- Charley, H., 1999. *Tecnología de los alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Ed. Limusa, Noriega Editores. México. DF. Pág.767.
- Delgado, F. A., R. M. Villegas, B. y J. Cifuentes, 2005. Glosario ilustrado de los caracteres macroscópicos en basidiomicetes con himenio laminar. Primera edición. UNAM, México, D.F. pp. 84.
- Duran, Z., 1997. Cultivo del hongo comestibles *Pleurotus pulmonarius*: obtención de cepas por entrecruzamiento genético y evaluación de su producción a nivel planta piloto. Xalapa, Universidad Veracruzana. México. Pp. 102
- Eger, G., S. Fong, y H. Leal-Lara, 1979. Contribution to the discussion on the species concept in the *Pleurotus ostreatus* complex. *Mycología* 71(3): 577-588.
- FAO, 2003. Estudio de mercados agroindustriales por Andrew W. Shepherd. Guia de extensión en comercialización (3).pp. 123.
- Fazenda, M. L., R. Seviour, B. Mcneil y L. Harvey, 2008. Submerged culture fermentation of “Higher Fungi”: The Macrofungi. *Advances in Applied Microbiology* 63: 33-103.
- Ficior, D., S. Apahidean, M. Apahidean, Z. Moldovan, N. MăniuŃiu, R. Ganea y I. Paven, 2006. Importance of substrate disinfection on oyster mushroom (*Pleurotus* sp.) culture. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 34: 48-53.
- Gaitán-Hernández, R. y D. Salmones, 2008. Obtaining and characterizing *Pleurotus ostreatus* strains for commercial cultivation under warm environmental conditions. *Scientia Horticulturae* 118:106-110.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, M. Pérez y Mata, G., 2006. Manual práctico del cultivo de setas. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver. México. Pp. 37.
- Gange, A. C. E. G. Gange, T. H. Sparks y L. Boddy., 2007. Rapid and recent changes in fungal fruiting patterns. *Science* 316: 71.
- García, R. M., 2007. Cultivo de setas y trufas, Quinta edición, Editorial Mundi prensa. España. Pp. 255.

- García, E., 1973. Clasificación climática de Köppen modificada para la República Mexicana. México D.F. Pp.146.
- García, A. J. C. y F. Solano, 2002. Molecular anatomy of tyrosinase and its related proteins: beyond the histidine-bound metal catalytic center. *Pigment Cell Research* 15: 162–173.
- Gaston, K. J. y J. I. Spicer, 1998. Biodiversity: An Introduction. Blackwell Science, Oxford. UK. Pp. 113.
- Gutiérrez, L. G. y L. Gonzaga, 2006. Perspectivas de la Biotecnología en las ecotecnologías. *Scientia et Technica* 32: 451-456.
- Guzmán, G., 1980. *Identificación de hongos*. Ed. Limusa, México. D.F. Pp. 452.
- Guzmán, G., D. Salmones, C. Soto-Velazco, y Guzmán, D. L., 1995. *El cultivo de los hongos comestibles*. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. pp.42-121.
- Guillen-Navarro, G. K. L. Márquez-Rocha y F. Sánchez-Vázquez, 1998. Producción de biomasa y enzimas lignolíticas por *Pleurotus ostreatus* en cultivo sumergido. *Revista Iberoamericana de Micología* 15: 302-306.
- Herrera, H. J. G. y S. A. Barreras., 2005. Análisis estadístico de experimentos pecuarios. Manual de procedimientos (aplicaciones del programa SAS). Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. México. Pp.213.
- Herrera, T. y M. Ulloa, 1990. El reino de los hongos. Ed. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. Pp. 552.
- Jess, E., K. Archie, J. Murchie, y F. W. Bingham, 2007. Potential sources of sciarid and phorid infestations and implications for centralised phases I and II mushroom compost production. *Crop Protection* 26: 455–464.
- Kalac, P. 2009. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food chemistry* 113: 9-16.
- Kashangura, C, J. E. Hallsworth y A. Mswaka, 2006. Phenotypic diversity amongst strains of *Pleurotus sajor-caju*: implications for cultivation in arid environments. *Mycological Research* 110: 312-317.
- Kohn, M. L., 1992. Developing new characters for fungal systematic: an experimental approach for determining the rank of resolution. *Mycologia* 84:139-153.
- Kurtzman, R. H. y F. Zadrzil., 1981. Physiological and taxonomic considerations for cultivation of *Pleurotus* mushrooms. Chapter 16: 299-348. *In: Tropical mushrooms*. S.T. Chang y T.H. Quimio (Eds). The Chinese University Press.
- Lamua, S. M., 2000. *Aplicación del frío en los alimentos*. Instituto del Frío de Madrid. Primera edición. Editorial Mundi Prensa. España.Pp. 349.
- Larraya, L. M., 1999. Molecular karyotype of the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 3413-3417.

- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla, y W. Martínez, 2007. México ante la globalización en el Siglo XXI: El Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles. Capítulo 6.1, 20 pp. *En: El cultivo de setas Pleurotus spp en México.* Sánchez J.E., Martínez-Carrera D., Mata G., Leal H., (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal y M. Bonilla, 2007. Importancia estratégica del Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados para el desarrollo del sistema de producción-consumo en México. Capítulo,16. UAIM-COLPOS-UACH-CIAD-CONACYT, México, D.F.
- Martínez-Carrera, D., D. Nava, M. Sobal, M. Bonilla, y Y. Mayett, 2005. Marketing channels for wild and cultivated edible mushrooms in developing countries: the case of México. *Micología Aplicada Internacional* 17(2): 9-20.
- 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., R. Leben, P. Morales, M. Sobal y A. Larqué-Saavedra, 1991. *Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México.* *Ciencia y Desarrollo* 16 (96): 33-43.
- Martínez-Carrera, D., A. Larqué-Saavedra, M. Aliphat, A. Aguilar, M. Bonilla y W. Martínez, 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. *In: Memorias del II Foro Nacional Sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria.* Pp. 193-207. Academia Mexicana de Ciencias, CONACYT. México D.F.
- Matsumoto, T. y Y. Fukumasa-Nakai, 1995. Mitochondrial DNA restriction fragment length, polymorphisms and phenetic relationships in natural populations of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. *Mycological Research* 99: 562-566.
- Matus, C., 1972. *Estrategia y Plan.* 11ª Edición. Siglo XXI. Editores. México D.F.
- Matus, C., 1980. *Planificación de situaciones.* 1ª Edición. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Mayett, Y., D. Martínez-Carrera, M. Sánchez, A. Macias, S. Mora, y A. Estrada-Torres, 2006. Consumption trends of edible mushrooms in developing countries: The case of Mexico. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing* 18: 151-1176.
- Mora, V. M. y D. Martínez-Carrera, 2007. Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. Capítulo 1.1, 17 pp. *En: El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México.* J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata y H. Leal (eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F.

- Mora, P. V., 2004. Estudio comparativo de diferentes cepas comerciales que se cultivan en México de *Pleurotus* spp. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.D.F.
- Morales, P., M. Sobal, M. Bonilla, W. Martínez y D. Martínez-Carrera, 2007. El Centro de Vinculación con el Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles (CVINHCO) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 3.9, 10 pp. *En: El Cultivo de Setas Pleurotus en México*. J.E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata y H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F.
- Pedrero, D. L. y M. R. Pangborn, 1989. *Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos*. Ed. Alhambra Mexicana S.A. de C.V. Primera Edición. Madrid España. Pp. 249.
- Pérez, M. R. y G. Mata., 2002. Selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. y *Pleurotus pulmonarius* (Fr) Quel. y la factibilidad de reutilizar la madera de *Pinus* spp. para su cultivo. *Foresta Veracruzana* 4:31-34.
- Ramírez, P., 2006. Cepas comerciales como una estrategia para el desarrollo de la producción rural de hongos comestibles (*Pleurotus* spp): mejoramiento genético empleando marcadores y segregación meiótica. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla. México.Pp.122.
- Rodríguez, R., R. González, M. Ruiz, P. García, J. Ruiz, J. F. Zamora y E. Salcedo, 2006. Perspectivas de producción de hongos comestibles (*Pleurotus* spp.) en la región noreste del estado de Nuevo León. *Scientia-CUCBA* 8:163-169.
- Royse, D. J. y J. E. Sánchez, 2002. La importancia del cultivo de *Pleurotus* spp. Estadísticas mundiales de producción, con énfasis en Hispanoamérica. *En: La biología y el cultivo de Pleurotus* spp. Sánchez J.E., Royse D. (Eds.) ECOSUR/ Limusa, México.
- Salmones, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez y G. Guzmán, 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus*. Interacción entre crecimiento y productividad micelial. *Revista Iberoamericana de Micología* 14:173-176.
- Sambrook, J., E. F. Fritsch y T. Maniatis , 1989 *Molecular cloning: a laboratory manual*. Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, New York.
- Sánchez, J. E. y D. Royse, 1999. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Capítulo 9. pp. 203. México.
- Sánchez-Vázquez, J. E y D. J. Royse, 2001. Crecimiento y fructificación. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Ecosur. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México.
- Sierra, J. L., T López, J. A. Eiroa, 2002. Lo que usted debe saber de setas cultivadas. Cartilla de Divulgación 11. Sociedad Micológica Leonesa “San Jorge” pp. 82.
- Silva, L. I., 2003. Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local. Serie. Gestión pública (42). Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), CEPAL Pag. 63.

- Sepúlveda, S. A. Rodríguez, R. Echeverry y M. Portilla, 2003. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, Costa Rica, 154 pág.
- Serratos-Hernández, J. A., 2003. Biotecnología Agroecológica, Biodiversidad y Agricultura sustentable. *En: Fundamentos y casos exitosos* (Capítulo XI). F. Bolívar (Compilador y Editor). El Colegio Nacional, México D.F. pp. 317-351.
- Soberón, M. J. y F. J. Golubov, 2004. Biotecnología y Biodiversidad. F. Bolívar (Compilador y Editor) *En: Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología Moderna* (Capítulo X). El Colegio Nacional, México, D.F. pp 299-316.
- Sobal, M., P. Morales, M. Bonilla, G. Huerta y D. Martínez-Carrera, 2007a. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1 14 pp. *En: El cultivo de setas Pleurotus spp. en México* J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata y H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F.
- Sobal, M., D. Martínez-Carrera, P. Morales y S. Roussos, 2007b. Classical characterization of mushroom genetic resources from temperate and tropical regions of Mexico. *Micología Aplicada Internacional* 19(1): 15-23.
- Stoller, B. B., 1962. Some practical aspects of making mushroom spawn. *Mushroom Science* 5:170-184.
- Tamura K., Dudley J., Nei M. y S. Kumar, 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) Software Version 4.0. *Molecular Biology Evolution* 24(8): 1596–1599.
- Tepechco, M. A., 2001. Evaluación de la productividad de cepas coloridas híbridas de *Pleurotus* spp. Memoria de residencia profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 29. Xocoyucan, Tlaxcala. México.
- Toledo, V. M., 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable* 2: 26-36.
- Vigalys, R. y S. B. Lin, 1994. Ancient and recent patterns of geographic speciation in the oyster mushroom *Pleurotus* revealed by phylogenetic analysis of ribosomal DNA sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91: 4599-4603.
- Valencia del Toro, G., R. Castelán, E. Garín-Aguilar, H. Leal, 2000. Aspectos generales para el cultivo de setas comestibles (*Pleurotus* spp.). UNAM-Iztacala. México. Pp 494-497.
- Villaescusa, R. y M. I. Gil, 2003. Quality improvement of *Pleurotus* mushroom by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. *Postharvest Biology Technology* 28:169-179.

- Vogel, F. y D. Salmones, 2000. Análisis comparativo de la productividad de cepas de *Pleurotus* spp. cultivadas en una planta comercial. *Revista Iberoamericana de Micología* 17:138-141.
- Wats, B. M., G. L. Ylimaki, L. E. Jeffery y L. G. Elías, 1992. Métodos sensoriales para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canadá. Pp.169.
- White, T. J., S. Bruns y J. Taylor, 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In*: M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White (eds.), *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. Academic Press, San Diego, CA, 315-322.
- Yang, J., H. Lin y J. Mau, 2001. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms. *Food Chemistry* 72: 465-471.
- Zanon, M. J. J. Armengol, J. C. Villaseca y C. Jorda, 2005. Estudio del síndrome de decaimiento en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jack.: Fr.) P. Kumm. *Bol. San. Veg. Plagas* 31: 431-441.
- Zervakis, G. y C. Balis, 1996. A pluralist approach in the study of *Pleurotus* species with emphasis on compatibility and physiology of the European morphotaxa. *Mycological Research* 100(6): 717-731.