

# **COLEGIO DE POSTGRUADOS**



INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS CAMPECHE**

POSTGRADO EN BIOPROSPECCIÓN Y SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA EN  
EL TRÓPICO

### **POTENCIAL DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO MICROBIANO EN ZONAS RURALES DE CAMPECHE**

**TEÓFILO MORÁN ARELLANOS**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

SIHOCHAC, CHAMPOTÓN,  
CAMPECHE

2017



## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

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

CAMPUS CAMPECHE  
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN

### CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Teófilo Morán Arellanos**, Alumno(a) de esta institución, estoy de acuerdo en ser participe 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 **Jaime Bautista Ortega**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis: **Potencial de residuos agrícolas para la producción de alimento microbiano en zonas rurales de Campeche** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos que se pueden derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero 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.

Sihochac, Champotón, Campeche a 2 de enero de 2017.

**Teófilo Morán Arellanos**  
Estudiante

**Vo.Bo.**  
**Dr. Jaime Bautista Ortega**  
Profesor Consejero

La presente tesis, titulada: **Potencial de residuos agrícolas para la producción de alimento microbiano en zonas rurales de Campeche**, realizada por el alumno: **Teófilo Morán Arellanos**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**BIOPROSPECCIÓN Y SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA EN EL TRÓPICO**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:



---

DR. JAIME BAUTISTA ORTEGA

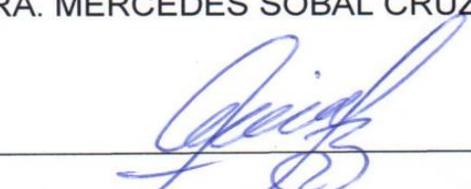
DIRECTORA DE TESIS:



---

DRA. MERCEDES SOBAL CRUZ

ASESOR:



---

DR. BERNARDINO CANDELARIA MARTÍNEZ

Sihochac, Champotón, Campeche, 18 de enero de 2017

# POTENCIAL DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO MICROBIANO EN ZONAS RURALES DE CAMPECHE

Teófilo Morán Arellanos, M.C.

Colegio de postgraduados, 2017

Se determinó los principales residuos agrícolas y forestales presentes en los sistemas de producción de pequeña escala de las zonas rurales del Estado de Campeche. Se seleccionó el rastrojo de frijol X-pelón (RF), pulpa deshidratada de calabaza chihua (PC), cascarilla de huaxin (CH) y fruto de pixoi (FP) por presentar mayor distribución y presencia en campo y se evaluó su potencial para ser inoculados por dos cepas de *Pleurotus ostreatus* (CP-50 y CP-753) en condiciones de laboratorio, posteriormente se utilizó CH, RF y rastrojo de maíz (RM) para producir las dos cepas en un módulo rústico en la localidad de Santo Domingo Keste, Champotón, Campeche. Las variables evaluadas fueron; CS (colonización del sustrato), AP (aparición de primordios), EB (eficiencia biológica), ID (índice eficiente de degradación), TC (tasa de colonización), TP (tasa de producción), PH (peso del hongo), DP (diámetro del píleo), LE (longitud del estípite y LT (longitud total del hongo). En condiciones de laboratorio las variables CS y AP en el sustrato RF inoculado con CP-753 obtuvo los periodos más cortos con valores de 12 y 15 días, mientras que en condiciones de campo se presentaron mejores eficiencias en la CP-753 con rastrojo de maíz con 20.2 y 31 días, respectivamente. El sustrato RF inoculado con la CP-753 presentó la mejor EB con valores de 104.84% y una tasa de producción de 5.24 g día<sup>-1</sup> en condiciones de laboratorio, mientras que en condiciones de campo, la CP-753 con RF presentó 75.10% y 1.21 g día<sup>-1</sup>. En relación a la variable ID en condiciones de campo la CP-50-RF fue la mejor con valores de 36.15%, mientras tanto, la CP-753-RF obtuvo el valor más bajo de 13.93%. Para las variables PH y DP se lograron los mejores resultados en la CP-753-RF con valores 17.78 g y 10.55 cm, mientras tanto, CP-50-RM logró valores menos eficientes con 5.38 g y 4.84 cm, respectivamente. Se concluye que existe una importante disponibilidad de residuos vegetales que presentan potencial para cultivar cepas de *P. ostreatus* en las zonas rurales del Estado de Campeche.

**Palabras clave:** Solares familiares rurales, estrategia agroecológica, *Pleurotus ostreatus*, residuos vegetales.

## POTENTIAL OF CROP RESIDUES FOR THE PRODUCTION FOOD MICROBIAL IN RURAL AREAS OF CAMPECHE

Teófilo Morán Arellanos, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2017

The main agricultural and forestry byproducts found in small-scale production systems from rural areas of Campeche State was determined. X-pelon Bean (RF), dehydrated chihua-pumpkin pulp (PC), huaxin husk (CH) and pixoi fruit (FP) were selected as substrate because of their great distribution and presence in the fields and their potential was evaluated to be inoculated with two strains of *Pleurotus ostreatus* (CP-50 and CP-753) under Laboratory conditions; subsequently CH, RF and corn stubble (RM) were used to produce the two strains of mushroom in rustic facilities in Santo Domingo Keste , Champoton, Campeche. The evaluated variables were: colonization of the substrate (CS), primordium appearance (AP), biological efficiency (EB), degradation index efficiency (ID), colonization rate (TC), production rate (TP), mushroom fresh weight (PH), pileus diameter (DP), stalk length (LE) and total mushroom length (LT). Under laboratory conditions, the CS and AP variables in the RF substrate inoculated with CP-753 yielded short periods with values of 12 to 15 days, while under field conditions the best efficiencies were seen in the CP-753 in corn stubble with 20.2 and 31 days, respectively. RF substrate inoculated with the CP-753 presented the best EB with a 104.84% value and a production rate of 5.24 g day<sup>-1</sup> under Laboratory conditions, while under field conditions, the CP-753 in RF presented values of 75.10% and 1.21 g day<sup>-1</sup>, for EB and TP, respectively. Regarding the ID variable, under field conditions, the CP-50-RF had the best value of 36.15% whereas the CP-753-RF showed the lowest value of 13.93%. In relation to PH and PD variables, the best results were achieved by the CP-753-RF with 17.78 g and 1055 cm respectively; conversely, the CP-50-RM was the less efficient with values of 5.38 g and 4.84 cm, respectively, for the same variables. It is concluded that there is an important availability of plant residues that have the potential to be used as substrates to grow strains of *P. ostreatus* in rural areas of Campeche State.

**Keywords:** Rural backyards, agro-ecological strategies, *Pleurotus ostreatus*, crop residues

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento de mis estudios de posgrado.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, por darme la oportunidad de estudiar y a la comunidad COLPOS por su valioso apoyo y amistad.

Al CONACYT por el financiamiento del proyecto Cátedras 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales del Estado de Campeche”.

A la línea de investigación de innovación y sustentabilidad agrícola en el trópico del Campus Campeche.

Al laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles, Medicinales y Funcionales del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, por su apreciable recibimiento durante el proyecto de investigación.

A la Dra. Mercedes Sobal Cruz por el tiempo, paciencia y aporte brindado en la tesis.

Al Dr. Bernardino Candelaria Martínez por el apoyo que me brindó, aportes en la tesis y por aceptar la propuesta de investigación.

Al Dr. Jaime Bautista Ortega por su valioso apoyo en revisión del trabajo de tesis.

Al Dr. Ponciano Pérez Hernández por sus motivaciones para lograr el postgrado.

A la M. en C. Myrna Bonilla Quintero, Biól. Wilfrido y a todos los que me brindaron su amistad y apoyo para culminar el trabajo de investigación.

A la familia Tax Sales y a las familias rurales por su apoyo brindado en la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

*Con mucho amor y cariño a Dios, la familia y amigos que siempre me brindaron apoyo incondicional. A Celia mi razón de ser, por su comprensión, motivación para lograr el postgrado y en especial a la luz que viene a iluminar nuestras vidas y la dicha de empezar a formar una familia... **MUCHAS GRACIAS.***

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	4
3.1. Hipótesis general.....	4
3.2. Hipótesis específicas.....	4
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
4.1. Panorama de la seguridad alimentaria en América latina y el Caribe.....	5
4.2. Panorama de la seguridad alimentaria en México.....	7
4.3. La agroecología como una opción para aportar a la seguridad alimentaria.....	7
4.4. Uso de residuos agrícolas.....	8
4.5. Inicios del cultivo de hongos comestibles en México.....	8
4.6. Generalidades del hongo comestible <i>P. ostreatus</i> .....	9
4.7. Producción del cultivo de <i>P. ostreatus</i> en zonas rurales del Sur de México...10	10
4.8. Propiedades de los hongo <i>Pleurotus</i> spp.....	12
4.9. Perspectivas del uso de hongos como estrategia para la seguridad alimentaria.....	12
<b>5. LITERATURA CITADA</b> .....	13
<b>CAPÍTULO I. POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y FORESTALES DE SOLARES RURALES DE CAMPECHE, MÉXICO</b> .....	17
<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	19
<b>1.2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	20
1.2.1. Fase de diagnóstico.....	20
1.2.2. Área de estudio y tamaño de la muestra.....	20
1.2.3. Colecta de la información.....	20
1.2.4. Análisis de datos.....	20
1.2.5. Fase de laboratorio.....	21

1.2.6. Preparación y pasteurización de los sustratos.....	21
1.2.7. Siembra .....	21
1.2.8. Variables evaluadas .....	21
1.2.9. Análisis estadístico .....	22
<b>1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
1.3.1. Diagnóstico de los sistemas de producción agrícola .....	22
1.3.2. Fase de Laboratorio.....	26
<b>1.4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>1.5. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>30</b>
<b>1.6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO II. POTENCIAL DE TRES RESIDUOS VEGETALES PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Pleurotus ostreatus</i> EN UN MÓDULO RÚSTICO BAJO CONDICIONES DE TRÓPICO HÚMEDO.....</b>	<b>34</b>
<b>2.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
2.2.1. Ubicación .....	37
2.2.2. Materiales biológicos .....	37
2.2.3. Diseño del módulo rústico.....	37
2.2.4. Procedimiento.....	38
2.2.5. Variables evaluadas .....	39
2.2.6. Arreglo estadístico y análisis de la información .....	39
<b>2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>2.4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>2.5. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>47</b>
<b>2.6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>48</b>
<b>CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>50</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....</b>	<b>51</b>
Conclusiones.....	51
Recomendaciones.....	51

<b>ANEXOS</b> .....	53
<b>Anexo A</b> .....	53
<b>Anexo B</b> .....	54
<b>Anexo C</b> .....	56
<b>Anexo D</b> .....	59
<b>Anexo E</b> .....	62
<b>Anexo F</b> .....	66

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Número (millones de personas) y prevalencia (%) del hambre en América Latina y el Caribe.....	6
<b>Cuadro 2.</b> Población en situación de pobreza extrema (%), según la entidad federativa, 2010 y 2012.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Producción del hongo comestible <i>Pleurotus</i> spp. en diferentes Estados del Sur de México.....	11
<b>Cuadro 4.</b> Estimación de la producción de residuos agrícolas en comunidades rurales de Campeche, México.....	23
<b>Cuadro 5.</b> Producción de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> usando residuos agrícolas y forestales como sustratos en condiciones de laboratorio.....	28
<b>Cuadro 6.</b> Efecto de cinco sustratos sobre la producción de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> en condiciones de laboratorio.....	29
<b>Cuadro 7.</b> Eficiencia biológica e índice eficiente de degradación (%) de 2 cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> en condiciones de campo .....	43
<b>Cuadro 8.</b> Caracterización de 2 cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> en condiciones de campo .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Principales cultivos agrícolas de las localidades rurales de Campeche que conformaran el área de estudio.....	22
Figura 2.	Usos actuales de los residuos agrícolas que reportaron las personas entrevistadas de las localidades rurales de Campeche.....	25
Figura 3.	Potenciales usos de los residuos agrícolas que pueden realizar los productores de las localidades rurales de Campeche.....	26
Figura 4.	Diseño del módulo rústico para transferir la biotecnología del cultivo de hongos a la comunidad de Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche. ....	38
Figura 5.	Tiempo transcurrido (días) que necesitaron las dos cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> para colonizar los diferentes sustratos en condiciones de campo.....	40
Figura 6.	Tiempo transcurrido (días) que tomo la aparición de primordios en los dos ciclos de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de campo .....	41
Figura 7.	Biomasa fresca total (g) de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de campo.....	42
Figura 8.	Diagrama que muestra la metodología utilizada en la presente investigación.....	53
Figura 9	Rangos de edad de las personas entrevistadas en diferentes localidades del Estado de Campeche.....	54
Figura 10.	Género de las personas entrevistadas en diferentes localidades del Estado de Campeche.....	54
Figura 11.	Escolaridad de las personas entrevistadas en diferentes localidades del Estado de Campeche.....	55
Figura 12.	Residuos agrícolas que se generan en las localidades rurales de Campeche y que reportaron las personas entrevistadas.....	55
Figura 13.	Características del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> ) en la zona de estudio.....	56
Figura 14.	Características del cultivo de calabaza chihua ( <i>Cucurbita argyrosperma</i> Huber) en la zona de estudio.....	56
Figura 15.	Características del cultivo de frijol X-Pelón ( <i>Vigna unguiculata</i> ) en la zona de estudio .....	57
Figura 16.	Características del árbol de pixoi ( <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.) en la zona de estudio.....	57
Figura 17.	Características de la planta de huaxin ( <i>Leucaena leucocephala</i> Lam.) en la zona de estudio.....	58

Figura 18.	Humedad inicial (%) de los diferentes sustratos utilizados para cultivar dos cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en condiciones de laboratorio.....	59
Figura 19.	Peso seco inicial (g) en diferentes sustratos para cultivar dos cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en condiciones de laboratorio.....	59
Figura 20.	Biomasa fresca total (g) de los basidiocarpos cosechados en un ciclo de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de laboratorio.....	60
Figura 21.	Eficiencia biológica final (%) de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de laboratorio.....	60
Figura 22.	Ciclo de producción (días) de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de laboratorio. .....	61
Figura 23.	Humedad inicial (%) de los diferentes sustratos utilizados para cultivar dos cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en condiciones de campo.....	62
Figura 24.	Peso seco inicial (g) en diferentes sustratos para cultivar dos cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en condiciones de campo .....	62
Figura 25.	Promedio de la biomasa fresca producida (g) de los basidiocarpos cosechados en cada ciclos de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> en condiciones de campo .....	63
Figura 26.	Eficiencia biológica (%) de ambos ciclos de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de campo .....	63
Figura 27.	Ciclo de producción (días) de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de campo.....	64
Figura 28.	Índice eficiente de degradación (%) de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de campo.....	64
Figura 29.	Número de hongos producidos por UP en cada cosecha de las cepas CP-50 y CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivadas en condiciones de campo .....	65
Figura 30.	Características de las 2 cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en rastrojo de maíz.....	66
Figura 31.	Características de las 2 cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en rastrojo de frijol.....	67
Figura 32.	Características de las 2 cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en cascarilla de huaxin.....	68

## INTRODUCCIÓN GENERAL

En México el consumo de hongos comestibles forma parte de la cultura de la población rural, su conocimiento y utilización han sido importantes desde las culturas prehispánicas mesoamericanas. En nuestro país se producen 47,468 t año<sup>-1</sup> de hongos comestibles en fresco, ocupando el primer lugar en producción en América Latina (Martínez-Carrera *et al.*, 2007). Otros países como Estados Unidos, España, China y el sureste de Asia desarrollan actividades del cultivo de hongos comestibles implementándolos a pequeña y gran escala como opción para obtener alimento de buena calidad, nutritivo, con propiedades medicinales, suplementos dietéticos, enzimas y productos metabólicos (Chang y Miles, 2004; Guillamón *et al.*, 2010; Martínez-Carrera *et al.*, 2010; Fernandes *et al.*, 2015).

La demanda de alimentos frescos o transformados para el consumo humano se ha incrementado en los últimos años debido al crecimiento de la población, por tanto, la producción de bienes agrícolas también presenta incrementos en las áreas de cultivos que generan residuos agrícolas, que en su mayoría no tienen un aprovechamiento sustentable. La producción en México de residuos o esquilmos agrícolas es de 45 millones de toneladas de materia seca, provenientes de diez cultivos básicos, los principales son; el maíz, sorgo, trigo y cebada (SAGARPA, 2009).

El sector agrícola del Estado de Campeche se caracteriza por la producción de maíz, sorgo, soya, semilla de calabaza (chihua), arroz palay, cacahuete, palma de aceite, jamaica, sandía, caña de azúcar, frijol, entre otros (SIAP, 2014). En las zonas rurales la principal actividad es la agricultura, por lo tanto se genera grandes cantidades de residuos agrícolas que en su mayoría son quemados y muy pocos se incorporan al suelo o se utilizan para la alimentación animal. De esta manera es necesario realizar investigaciones para implementar estrategias agroecológicas en el uso de los residuos agrícolas. El objetivo del presente trabajo fue valorar el potencial de los principales residuos agrícolas de las zonas rurales del Estado de Campeche para la producción de *Pleurotus ostreatus*, como alternativa de producción de alimento nutritivo, rico en proteínas, aminoácidos básicos, fibra y bajo en grasas, que puede mejorar la dieta, promover la salud y la seguridad alimentaria en zonas rurales de Campeche.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El 50.3% de la población Estado de Campeche se encuentra en situación de pobreza, mientras que el 31.1% presenta carencia por acceso a la alimentación (CONEVAL, 2012). En las zonas marginadas del Estado de Campeche se generan grandes cantidades de residuos agrícolas y forestales que son muy poco valorados por los pequeños productores. En la localidad de Santo Domingo Kesté Champotón Campeche, los cultivos de maíz, frijol X-pelón y calabaza chihua, se han incrementado en los últimos años, por lo tanto, existe una gran disponibilidad de residuos agrícolas como los rastrojos de maíz y frijol que en su mayoría son quemados o abandonados en sus terrenos después de la cosecha de sus granos.

Los pequeños productores agrícolas de esta región manifiestan interés en utilizar los rastrojos agrícolas como alternativas de producción para generar ingresos extras en la economía de las familias.

Para hacer frente a la inseguridad alimentaria es factible usar los residuos agrícolas en procesos agroecológicos para la obtención de alimentos de buena calidad utilizando la biotecnología de los hongos comestibles cultivados.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Determinar el potencial de algunos residuos agrícolas de las zonas rurales de Campeche para el cultivo del hongo comestible *P. ostreatus* como alimento para consumo humano.

### 2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el potencial de los principales residuos agrícolas de las zonas rurales del Estado de Campeche para la producción de *P. ostreatus*.
- b) Caracterizar los hongos *P. ostreatus* producidos en los principales residuos agrícolas de zonas rurales del Estado de Campeche.
- c) Diseñar y validar un modelo para producir alimentos en zonas rurales del Estado de Campeche utilizando como elementos estratégicos al hongo comestible *P. ostreatus* y los residuos agrícolas.

### 3. HIPÓTESIS

#### 3.1 Hipótesis general

De los residuos agrícolas generados en las zonas rurales del Estado de Campeche utilizados como sustrato de cultivo al menos uno producirá hongos de buena calidad y rendimiento.

#### 3.2 Hipótesis específicas

- a) Los principales residuos agrícolas del Estado de Campeche presentan las características óptimas para la producción del hongo comestible *P. ostreatus*.
- b) Las características del hongo comestible *P. ostreatus* presentan diferencias físicas, cuando son producidos en los principales residuos agrícolas del Estado de Campeche.
- c) Es posible diseñar y validar un modelo para producir alimentos en zonas rurales del Estado de Campeche utilizando como elementos estratégicos al hongo comestible *P. ostreatus* (setas) y los residuos agrícolas provenientes de la actividad agrícola del Estado de Campeche.

#### **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

##### **4.1. Panorama de la seguridad alimentaria en América latina y el Caribe**

Actualmente en América Latina y Caribe 34,3 millones de personas padecen hambre. En el 2015 los 33 países de la región, agrupados en la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC), aprobaron el Plan para la Seguridad Alimentaria, la Nutrición y Erradicación del Hambre de la CELAC 2025, elaborado con el apoyo de FAO, CEPAL y ALADI (FAO 2015). Según el Índice Global del Hambre (GHI) calculado por el IFPRI (2010), la mayoría de los países de América Latina y el Caribe (ALC) se encuentra en una situación de baja inseguridad alimentaria, es decir los índices del hambre presentan mejoría, con las excepciones de Bolivia, Ecuador, Guatemala, Haití, Honduras, Nicaragua, Panamá, Perú y República Dominicana (IICA 2012).

**Cuadro 1. Número (millones de personas) y prevalencia (%) del hambre en América Latina y el Caribe.**

País/región	Millones de personas					Prevalencia				
	1990-92	2000-02	2005-07	2010-12	2014-16*	1990-92	2000-02	2005-07	2010-12	2014-16*
Argentina	ns	ns	ns	ns	ns	<5	<5	<5	<5	<5
Barbados	ns	<0.1	<0.1	ns	ns	<5	5.2	6.7	<5	<5
Belice	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	9.7	5.8	<5	5.7	6.2
Bolivia, E.P.	2.6	2.8	2.8	2.5	1.8	38.0	32.8	29.9	24.5	15.9
Brasil	22.6	19.9	ns	ns	ns	14.8	11.2	<5	<5	<5
Chile	1.2	ns	ns	ns	ns	9.0	<5	<5	<5	<5
Colombia	5.0	3.9	4.2	5.3	4.4	14.6	9.6	9.7	11.2	8.8
Costa Rica	0.2	0.2	0.2	0.3	ns	5.2	5.1	5.6	5.3	<5
Cuba	0.6	ns	ns	ns	ns	5.7	<5	<5	<5	<5
República Dominicana	2.5	2.5	2.3	1.6	1.3	34.3	28.4	24.2	15.9	12.3
Ecuador	2.0	2.4	2.6	2.0	1.8	19.4	18.6	18.8	12.8	10.9
El Salvador	0.9	0.6	0.7	0.8	0.8	16.2	10.6	10.7	12.6	12.4
Guatemala	1.4	2.3	2.1	2.2	2.5	14.9	20.4	15.9	14.8	15.6
Guyana	0.2	<0.1	0.1	0.1	<0.1	22.8	9.7	10.4	11.8	10.6
Haití	4.4	4.8	5.4	4.9	5.7	61.1	55.2	57.1	49.3	53.4
Honduras	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	23.0	18.5	16.4	14.6	12.2
Jamaica	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	10.4	7.3	7.0	8.3	8.1
México	6.0	ns	ns	ns	ns	6.9	<5	<5	<5	<5
Nicaragua	2.3	1.6	1.3	1.2	1.0	54.4	31.3	23.2	19.5	16.6
Panamá	0.7	0.9	0.8	0.5	0.4	26.4	27.6	22.9	13.4	9.5
Paraguay	0.9	0.7	0.7	0.8	0.7	19.5	12.9	11.2	12.1	10.4
Perú	7.0	5.4	5.3	3.2	2.3	31.6	20.7	18.9	10.7	7.5
San Vicente y las Granadas	<0.1	<0.1	0.0	0.0	<0.1	20.7	16.8	9.2	6.4	6.2
Surinam	<0.1	<0.1	0.1	0.0	<0.1	15.5	13.9	11.5	8.3	8.0
Trinidad y Tobago	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	12.6	11.9	11.7	9.9	7.4
Uruguay	0.3	ns	ns	ns	ns	8.6	<5	<5	<5	<5
Venezuela, R. B.	2.8	3.8	2.5	ns	ns	14.1	15.3	9.0	<5	<5
Sudamérica	45.4	40.3	27.2	ns	ns	15.1	11.4	7.2	<5	<5
Centroamérica	12.6	11.8	11.6	11.3	11.4	10.7	8.3	7.6	6.9	6.6
Caribe	8.1	8.2	8.3	7.3	7.5	27.0	24.4	23.5	19.8	19.8
América Latina y el Caribe	66.1	60.4	47.1	38.3	34.3	14.7	11.4	8.4	6.4	5.5

Fuente FAO, FIDA y PMA (2015). ns Indica valores que no son estadísticamente significativos. En aquellos países en donde la subalimentación afecta a menos 5% de la población, se señala "<5%". \*Proyección.

#### 4.2. Panorama de la seguridad alimentaria en México

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación en 2010, aproximadamente 28 millones de personas no tuvieron acceso a una alimentación adecuada (CONEVAL, 2012). De tal manera que el 30% de la población adulta se encuentra con problemas de obesidad, mientras que el 14% es afectado por desnutrición infantil (Urquía, 2014). Las zonas rurales son las que presentan problemas de seguridad alimentaria por lo tanto actividades como el cultivo de hongos comestibles representa una excelente oportunidad para ser incorporados al consumo familiar contribuyendo a mejorar la salud por sus bondades nutricionales y medicinales (Martínez-Carrera *et al.*, 2010).

**Cuadro 2.** Población en situación de pobreza extrema (%), según la entidad federativa, 2010 y 2012.

Entidad federativa	Porcentaje		Entidad federativa	Porcentaje	
	2010	2012		2010	2012
Nacional	11.3	9.8			
Aguascalientes	3.8	3.4	Morelos	6.9	6.3
Baja California	3.4	2.7	Nayarit	8.3	11.9
Baja California Sur	4.6	3.7	Nuevo León	1.8	2.4
Campeche	13.8	10.4	Oaxaca	29.2	23.3
Coahuila	2.9	3.2	Puebla	17.0	17.6
Colima	2.5	4.0	Querétaro	7.4	5.2
Chiapas	38.3	32.2	Quintana Roo	6.4	8.4
Chihuahua	6.6	3.8	San Luis Potosí	15.3	12.8
Distrito Federal	2.2	2.5	Sinaloa	5.5	4.5
Durango	10.5	7.5	Sonora	5.1	5.0
Guanajuato	8.4	6.9	Tabasco	13.6	14.3
Guerrero	31.8	31.7	Tamaulipas	5.5	4.7
Hidalgo	13.5	10.0	Tlaxcala	9.9	9.1
Jalisco	5.3	5.8	Veracruz	18.8	14.3
México	8.6	5.8	Yucatán	11.7	9.8
Michoacán	13.5	14.4	Zacatecas	10.8	7.5

Fuente: INEGI, ENIGH MCS 2010 y 2012, base de datos. Con base en la metodología multidimensional de la pobreza de CONEVAL.

#### 4.3. La agroecología como una opción para aportar a la seguridad alimentaria

La agroecología es una estrategia que promueve la producción y conservación de los agroecosistemas a largo plazo, utilizando criterios ecológicos (González *et al.*, 2008). La implementación de políticas públicas agroecológicas como estrategia de seguridad alimentaria en las zonas rurales tendrá como resultado una mayor integración y

vinculación de todos los sectores gubernamentales y no gubernamentales, es decir, una combinación de distintos saberes entre pobladores del medio rural, extensionistas y científicos, por lo tanto se obtendrá mejores rendimientos en la producción agrícola sin causar daños al medio ambiente (Sámano, 2013). Se ha manifestado que, los pequeños productores agrícolas tienen el interés en aprender y aplicar estrategias agroecológicas que ayuden a mejorar su sistema de producción agrícola.

#### 4.4. Uso de residuos agrícolas

Los residuos agrícolas se derivan de las partes de las plantas que permanecen en las áreas de cultivos después de la cosecha del grano o semilla. En México se estiman 45 millones de toneladas de residuos agrícolas, siendo el cultivo de maíz el mayor productor de materia seca (25.5 millones de toneladas) de rastrojo y olote (SAGARPA, 2009). Existen diversos usos de los residuos agrícolas, sin embargo, la alimentación animal y cobertura del suelo son los más empleados.

Según Guevara (2013), existen múltiples usos de los rastrojos como: a) alimentación pecuaria; ya sea en forma de forraje recolectado por el hombre o pastoreo directo, especialmente en periodos de sequía, b) en la industria agroalimentaria; mediante la producción de hongos comestibles al utilizar rastrojos de maíz y c) construcción de viviendas tradicionales e industriales en el sur y sureste de México; al mezclar rastrojo con arcilla húmeda para cubrir paredes de las viviendas. Otros autores mencionan otros potenciales de los residuos agrícolas como elaboración de compostas y artesanías (Mendieta y Marcillo, 2013), producción de biocombustibles (Núñez y Williams, 2012), entre otros. Por lo que es necesario dar a conocer los diversos usos que pueden adquirir los residuos agrícolas.

#### 4.5. Inicios del cultivo de hongos comestibles en México

El cultivo de hongos comestibles en México inició en el año de 1933 en un rancho ganadero cercano a Texcoco, por el italiano José Leben Zdravie (Martínez-Carrera *et al.*, 1991; 2007). En 1939, José Leben Zdravie estableció la primera planta de hongos comestibles de manera rústica, pero fue hasta el año 1945 cuando lograron producir de 10-15 kg de hongos frescos diarios, los cuales eran vendidos en las embajadas de

Estados Unidos, Francia y en algunos restaurantes de lujo de la ciudad de México (Martínez-Carrera *et al.*, 1991). La producción de *P. ostreatus* inició en 1974 (Martínez-Carrera *et al.*, 1991), actualmente es una especie con creciente aceptación por parte de los consumidores. Los primeros establecimientos de producción rural de *Pleurotus* spp. se realizaron en 1989, en la localidad de Cuetzalan, Puebla, mediante una colaboración del Colegio de Postgraduados Campus Puebla y la Sociedad Cooperativa Agropecuaria “Tosepan Titataniske” (Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1990; Martínez-Carrera *et al.*, 2007).

#### 4.6. Generalidades del hongo comestible *P. ostreatus*

Los hongos comestibles, funcionales y medicinales en México tiene importantes repercusiones sociales, ecológicas y económicas (Mayett y Carrera-Martínez, 2016), de la misma forma, contribuyen a la salud como alimento sustentable de origen microbiano esenciales para una dieta sana, completa y equilibrada (Carrera-Martínez *et al.* 2016). *Pleurotus* spp. tiene la capacidad de adaptarse a diferentes sustratos y climas (Guzmán *et al.*, 1993; Ancona *et al.*, 2009), de manera natural se encuentra en las selvas tropicales y subtropicales de todo el mundo (Bonatti, 2004), en México existen estas condiciones en los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Chiapas y la Península de Yucatán (Ancona *et al.*, 2011).

El cultivo de hongos comestibles constituye una alternativa biotecnológica con capacidad de degradar y transformar los residuos agrícolas lignocelulósicos en alimento para el consumo humano (Ancona *et al.*, 2005; Martínez-Carrera *et al.*, 2010). Además se utilizan técnicas sencillas y de bajo costo con alto índice de producción de proteína; compite en calidad con derivados de origen animal como leche, huevo y carne (Rivera *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2013).

En el 2004 se establece en el Estado de Puebla el Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Actualmente posee un inventario de 252 cepas de hongos comestibles de las cuales, 112 cepas son nativas y 140 son extranjeras. Las cepas del género *Pleurotus* son procedentes Chiapas (11), Durango (1), Hidalgo (1), Jalisco (3), México (1), Michoacán (1), Morelos (11), Nuevo León (2), Puebla (13), Tabasco

(2), Tlaxcala (1), Veracruz (3) y Yucatán (2), de estas 52 cepas nativas del género *Pleurotus* (Sobal *et al.*, 2007).

#### 4.7. Producción del cultivo de *P. ostreatus* en zonas rurales del Sur de México

México es el mayor productor de hongos comestibles en América Latina con una producción comercial nacional de 47,468 t año<sup>-1</sup> de hongos comestibles en fresco, de los cuales el champiñón contribuye con 95%, seguido por *P. ostreatus* con 4% y el resto está representado por otras especies de hongos comestibles (Martínez-Carrera *et al.*, 2007).

El cultivo de hongos comestibles tiene experiencias exitosas sobre la producción y consumo en los estados de Puebla, Veracruz, Jalisco, Yucatán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Martínez-Carrera *et al.*, 2007), en zonas urbanas y rurales. En la península de Yucatán se han realizado investigaciones del cultivo de hongos comestibles desde los años 1990 (Ancona *et al.*, 2009). Según INEGI (2015), el 53.3% del total de la población es indígena y ocupa el segundo lugar a nivel nacional en mayor porcentaje de habitantes indígenas que en su mayoría padece desnutrición, por esta razón el cultivo de los hongos comestibles se empezó a fomentar para disminuir los índices de desnutrición de las zonas rurales del Estado.

Se han evaluado cepas nativas de *P. djamor* UADY-18, UADY-19 y una cepa extranjera de *P. ostreatus* UADY-13 en comunidades rurales como Dzidzantún y Baca Yucatán, donde se obtuvo una producción de 2.8 ton de hongo fresco (Ancona *et al.*, 2007). Estos casos de éxito en las localidades rurales mencionadas contribuyen a llevar una mejor dieta alimenticia mediante el consumo de los hongos contribuyendo a la seguridad alimentaria en las zonas marginadas.

**Cuadro 3.** Producción del hongo comestible *Pleurotus* spp. en diferentes Estados del Sur de México.

Estado	Especie	Sustrato	Tratamiento	PIUPS	EB (%)	Referencia
Chiapas	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Pasto pangola	Composteo	3 kg	112	Barrios <i>et al.</i> (2009)
			Pasteurización		102	
			Inmersión alcalina		62	
Oaxaca	<i>Pleurotus</i> sp.	Rastrojo de maíz-frijol	Pasteurización	2.5 kg	130	Alejo <i>et al.</i> (2015)
		Olote de maíz			40	
Puebla	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Paja de trigo	Pasteurización	6 kg	129.34	Romero <i>et al.</i> (2010)
		Paja de cebada			120.41	
		Hoja de plátano			123.30	
		Pajilla de frijol			82.91	
		Rastrojo de maíz			67.77	
Veracruz	<i>Pleurotus ostreatus</i> <i>Pleurotus pulmonarius</i>	y Rastrojo de maíz Paja avena	Hidratación	y 4 kg	107.3	Gaitán y Silva (2016)
			pasteurización		112	
Yucatán	<i>Pleurotus djamor</i>	Rastrojo de maíz	Esterilización pasteurización	y 400 g	98	López <i>et al.</i> (2005)
		Rastrojo de calabaza			84	
		Bagazo de henequén			76	

EB= Eficiencia biológica. PIUP= Peso Inicial de la Unidad de Producción.

#### 4.8. Propiedades de los hongo *Pleurotus* spp.

Los hongos comestibles *Pleurotus* spp. constituyen una buena fuente de proteínas 21.7-23.9% y una digestibilidad de 80-87%, vitaminas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, niacina, ácido pantoténico, pro-vitamina D<sub>2</sub>), minerales (hierro, potasio, fósforo, cobre, selenio, calcio, magnesio, manganeso, zinc), fibra dietética (47.3 g/100g), bajo contenido de grasas (3.2%), carbohidratos digeribles (1-5%) (Martínez-Carrera *et al.*, 2007; Colak *et al.*, 2009) y mantiene su contenido de proteínas y vitaminas (Chang y Miles, 2004), posterior a la cocción. Para este género también se han reportado propiedades medicinales como: antibióticas, anticancerígenas, reducción de los niveles de colesterol e hipertensión, antitrombóticas y antidiabéticas (Martínez-Carrera *et al.*, 2007; Gillamón *et al.*, 2010).

#### 4.9. Perspectivas del uso de hongos como estrategia para la seguridad alimentaria

El cultivo de hongos comestibles como estrategia social y agroecológica tiene el potencial para mejorar la seguridad alimentaria en las zonas rurales de México. Su importancia radica en los impactos ecológicos, económicos y sociales positivos que se pueden desarrollar a favor de las familias rurales, en donde cada vez incrementa el interés de implementar la producción de hongos, en donde la mayoría de los participantes son mujeres amas de casa y jóvenes. Una de las propuestas es que se implementen programas gubernamentales sociales y agroecológicos como es el caso del cultivo de los hongos comestibles, para el desarrollo de las comunidades rurales. Unas ventajas del cultivo de los hongos comestibles son su alto valor comercial, la biorremediación *in situ* del agua y de los suelos y aporte de metabolitos con importancia industrial para beneficio de la sociedad.

## 5. LITERATURA CITADA

- Alejo, C; Martínez, G; León, A. 2015. Eficiencia biológica de *Pleurotus* sp nativo de Oaxaca (ITAO-27) sobre rastrojos de frijol, maíz y olote. Revista de agroecosistemas 2(2): 99-106.
- Ancona, L; Medina, S; López, Ermilo. 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en las Condiciones de laboratorio y en Una Casa rural tropical. Revista Mexicana de Micología 21: 93-97.
- Ancona, L; Cetz, G; Belmar, R; Sandoval, C. 2007. Cultivo de *Pleurotus djamor* y *P. ostreatus* en Yucatán. In: Sánchez, E; Martínez-Carrera, D; Mata, G; Leal, H (Eds.). El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. Chiapas, México. ECOSUR. p. 131-141.
- Ancona, L; Pech V; Rejón, M; Flores, A; 2009. Caracterización de los agentes comerciales: Supermercados y restaurantes, en la dinámica del mercado de las setas *Pleurotus ostreatus* en Mérida, Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios, XIII (Julio-Diciembre):68-79.
- Ancona, L; Rejón, M; Flores, A. 2011. Gustos y preferencias de los consumidores que compran hongos comestibles en supermercados de Mérida, Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios 28(Enero-Junio):557-565.
- Barrios, B; Moreno, L; Sánchez, J. 2009. Composteo en cajones de madera como pretratamiento del sustrato para cultivar *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexicana de Micología 29; 51-59.
- Bonatti, M. 2004. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. Food Chemistry 88: 425-28.
- Chang, S; Miles P. 2004. Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, Environmental Impact. CRC Press, Boca Ratón 451 pp.
- Colak, A; Faiz, Ö; Sesli, E. 2009. Nutritional composition of some wild edible mushrooms. Turk. J. Biochem 34:25-31.
- CONEVAL, 2012. Informe de pobreza y evaluación en el Estado de Campeche, 2012 (en línea). México D.F., México. Consultado en agosto de 2016. <http://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Campeche/principal/04informe2012.pdf>.
- CONEVAL, 2013. Pobreza y derechos sociales de niñas, niños y adolescentes en México, 2010-2012. México.
- FAO, 2015. Panorama de la Inseguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe (en línea). Consultado en agosto de 2016. <http://www.fao.org/3/a-i4636s.pdf>.
- Fernandes, A; Barros, L; Martins, A; Herbert, P; Ferreira, I. 2015. Nutritional characterization of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. Food Chemistry 169(2): 396-400.

- Gaitán, R; Silva, H. 2016. Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Micología* 43(6):43-47.
- González, SV. 2008. Agroecología: saberes campesinos y agricultura como forma de vida. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 177p.
- Guevara, F; Rodríguez, L; Ovando, J; Gómez, H; Ocaña, M; Camacho, T. 2013. Implicaciones socioeconómicas y energéticas del uso y manejo de rastrojo en la región Frailesca, Chiapas. *In: Reyes, L; Camacho, T; Guevara, F (eds.). Rastrojos manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Aguascalientes, México, INIFAP. p. 37-92.*
- Guillamón, E; García-Lafuente, A; Lozano, M; D'Arrigo, M; Rostagno, M; Villares, A; Martínez, J. 2010. Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. *Fitoterapia* 81(7): 715-723.
- Guzmán, G; Mata, G; Salmones, D; Soto, C; Guzmán, L. 1993. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. IPM. México D.F., 258 p.
- Carrera-Martínez, Larqué-Saavedra, A; Tovar, A; Torres, N; Meneses, M; Sobal, M; Morales, P; Bonilla, M; Escudero, H; Tello-Salgado, I; Bernabé-González, T; Martínez, W; Mayett, Y. 2016. Contribución de los hongos comestibles, funcionales y medicinales a la construcción de un paradigma sobre la producción, la dieta, la salud, y la cultura en el sistema agroalimentario de México. *In: Martínez-Carrera, D; Ramírez, J (Eds.). Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México. San Luis Huexotla, Texcoco, México, Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP. pp. 585-640.*
- Mayett, Y; Carrera-Martínez, D. 2016. Estrategias para promover el consumo de hongos comestibles en México, con base a sus propiedades funcionales y medicinales. *In: Martínez-Carrera, D; Ramírez, J (Eds.). Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México. San Luis Huexotla, Texcoco, México, Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP. pp. 781-809.*
- Mendieta, R; Marcillo, V. 2013. Utilización del hongo *Pleurotus sapidus* en la degradación lignocelulósica del rastrojo de maíz para la elaboración de abono en agricultura orgánica. Tesis Lic. Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel López Félix Calceta. 92 p.
- INEGI, 2015. "Estadísticas a propósito del día internacional de los pueblos indígenas" (en línea). México D.F., México. Consultado en noviembre de 2016. [http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2016/indigenas2016\\_0.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2016/indigenas2016_0.pdf).
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 2012. Situación de la seguridad alimentaria en las Américas (Documento para alimentar el diálogo de la 42. a Asamblea General de la Organización de los Estados Americanos) (en línea). San José, CR. 50 p. [http://www.oas.org/en/sedi/desd/GAdialogue/docs/OEA\\_SeguridadAlimen\\_s.pdf](http://www.oas.org/en/sedi/desd/GAdialogue/docs/OEA_SeguridadAlimen_s.pdf).

- López, C; Ancona, L; Medina, S. 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología* 21(12): 93-97.
- Martínez-Carrera, D; López-Martínez de Alva, L. 2010. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México II: éxitos y fracasos durante el período 1991-2009. *In: Martínez-Carrera, D; Curvetto, N; Sobal, M; Morales, P; Mora, M (Eds.). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMCUAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. México. p. 513-551.*
- Martínez-Carrera, D; Larqué-Saavedra, A. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. *Ciencia y Desarrollo (CONACYT)* 95: 53-64.
- Martínez-Carrera, D; Morales, P; Sobal, M; Bonilla, M; Martínez, W. 2007. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción consumo de los hongos comestibles. *In: Sánchez, E; Martínez-Carrera, D; Mata, G; Leal, H (Eds.). El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. Chiapas, México. ECOSUR. p. 209-224.*
- Martínez-Carrera, D; Leben, R; Morales, P; Sobal, M; Larqué-Saavedra A. 1991. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo (CONACYT)* 96: 33-43.
- Martínez, C; Morales, S; Rivera, R. 2013. Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Luna Azul (julio-diciembre)*: 89-100.
- Núñez, C; Williams, D. 2012. Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. *Tecnura*: 142-156.
- Rivera, R; Morales, S; Martínez, C. 2013. Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Luna Azul* 4(8): 89-100.
- Romero, O; Huerta, M; Damián, M; Macías, A; Tapia, A; Parraguirre, J; Juárez, J. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., Cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos Agrícolas. *Agronomía Costarricense* 34(1): 53-63.
- SAGARPA, 2009. Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación de ganado (en línea). *Sistemas de Agronegocios Pecuarios*. Fecha de consulta 04 de enero de 2016: <<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Aprovechamiento%20de%20esquilmos.pdf>>.
- Sámano, M. 2013. La agroecología como una alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(8): 1251-1266.
- SIAP-SAGARPA, 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo (en línea). Distrito Federal, México. Fecha de consulta 05 de enero de 2016; <http://www.siap.gob.mx/>.

- Sobal, M; Morales, P; Bonilla, M; Huerta, G; Martínez-Carrera, D. 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. *In*: Sánchez, E; Martínez-Carrera, D; Mata, G; Leal, H (Eds.). El Cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. Chiapas, México. ECOSUR. 27-40 p.
- Urquía, 2014. La seguridad alimentaria en México. *Salud publica México* 56(1): 592-598 p.

## CAPÍTULO I. POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y FORESTALES DE SOLARES RURALES DE CAMPECHE, MÉXICO

### Resumen

En el trópico se desarrolla una serie de cultivos y especies arbóreas endémicas que generan una importante cantidad de residuos vegetales que reciben poco uso. El objetivo de estudio fue conocer los principales residuos vegetales disponibles en sistemas agrícolas de pequeños productores de zonas rurales de Campeche, México y utilizarlos como sustratos de cultivo de dos cepas de *Pleurotus ostreatus* (CP 50 y CP 753) en condiciones de laboratorio. Se aplicaron 184 cuestionarios en 13 localidades rurales para conocer que residuos se producen en la zona de estudio. La disponibilidad de los residuos vegetales fue de 10.70, 14 y 17.36 ton MS ha<sup>-1</sup> para maíz, calabaza chihua y frijol X-pelón. Se seleccionó al rastrojo de frijol X-pelón, pulpa deshidratada de calabaza chihua, cascarilla de huaxin y fruto de pixoi para cultivar dos cepas de *Pleurotus ostreatus*, utilizando como control paja de trigo. Las variables evaluadas fueron: colonización del sustrato, aparición de primordios, eficiencia biológica, tasa de colonización y tasa de producción. Las variables colonización y aparición de primordios para la CP-753 en rastrojo de frijol presentaron los tiempos más cortos con 12 y 15 días (F9, 20=6.96, P=0.001), mientras que la CP-50 inoculada en fruta de pixoi fue la menos eficiente, hasta 33 días en colonizar y sin presencia de primordios. La mayor tasa de colonización se presentó en la CP-753 con el sustrato rastrojo de frijol con valores de 8.33 g día<sup>-1</sup>, en comparación con la CP-50 en fruta de pixoi con valores de 2.57 g día<sup>-1</sup>. El sustrato rastrojo de frijol inoculado con la cepa CP-753 presentó la mejor eficiencia biológica (F9, 20=122.39, P=0.0001) con valores de 104.88% y una tasa de producción de 5.24 g día<sup>-1</sup> (F9, 20=181.79, P=0.001), mientras que la CP-50 en fruta de pixoi y pulpa de calabaza no se presentó producción.

**Palabras clave:** Estrategia agroecológica, diagnóstico, *Pleurotus ostreatus*, residuos vegetales, solares familiares rurales.

## BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF THE AGRICULTURAL AND FORESTRY RESIDUES FROM RURAL ZONES OF CAMPECHE, MEXICO

### Abstract

In the tropics a range of crops and endemic tree species are cultivated which generate a significant amount of residues that receive little attention. The objective of this study was to know the main vegetable residues available from agricultural systems of small producers in rural areas of Campeche, Mexico and their evaluation as substrates of two strains of *Pleurotus ostreatus* (CP 50 and CP 753) under laboratory conditions. 184 questionnaires were applied to families from 13 rural localities to determine the crop residues produced in the study area. The availability of plant residues were 10.70, 14.00 and 17.36 ton DM ha<sup>-1</sup> for maize, chihua pumpkin and X-Pelón bean, respectively. X-Pelón bean stubble, dehydrated chihua pumpkin pulp, huaxin and pixoi fruit were selected to cultivate two strains of *Pleurotus ostreatus*, using wheat straw as control substrate. Variables evaluated included days taken to colonize the substrate, days at primordium appearance, biological efficiency, and colonization and production rate. The shortest times for colonization and primordium appearance were recorded for the CP-753 in bean stubble which occurred at 12 days and 18 days (F9, 20=6.96, p=0.001), respectively; whereas the CP-50 strain cultivated in pixoi fruit was the least efficient with a value of 33 days without any primordial presence. The highest colonization rate was seen in the CP-753 cultivated in bean stubble with a value of 8.33 g day<sup>-1</sup> whereas the CP-50 cultivated in pixoi fruit presented the lowest value for this variable of 2.57 g day<sup>-1</sup>. Bean stubble substrate cultivated with CP-753 strain showed the best biological efficiency (F9, 20=122.39, P=0.0001) with a value of 104.84% and a production rate of 5.24 g day<sup>-1</sup> (F9, 20=181.79, P=0.001), whereas the CP-50 cultivated in either pixoi fruit or chihua pumpkin did not have production.

**Keywords:** Rural backyards, agro-ecological strategies, diagnostic, *Pleurotus ostreatus*, crop residues.

## 1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los hongos comestibles del género *Pleurotus* se cultivan en un amplio rango de altitudes y presentan capacidad para crecer en diferentes residuos vegetales (Skariyachan *et al.*, 2016). Es un cultivo de fácil manejo, lo que lo ubica como una alternativa con viabilidad biológica, económica y social para la población rural (Gaitán y Silva 2016). A *Pleurotus* se le reportan propiedades nutricionales (Fernandes *et al.*, 2015) y medicinales (Martínez-Carrera *et al.*, 2010). México es el mayor productor de hongos comestibles en América Latina con 47,468 t año<sup>-1</sup> en fresco, se estima que de esta cifra el 4.6% corresponde a hongos del género *Pleurotus* (Martínez-Carrera *et al.*, 2007). El potencial de las zonas rurales para la producción de *Pleurotus* radica en la diversidad de residuos locales agrícolas generados anualmente y que funcionan adecuadamente como sustrato para su inoculación, como el bagazo de henequén y rastrojo de calabaza (López *et al.*, 2005), hoja de plátano (Romero *et al.*, 2010), rastrojo de frijol (Alejo *et al.*, 2015), rastrojo de maíz y paja de avena (Gaitán y Silva 2016), y pulpa de café (Cruz *et al.*, 2010), entre otros. En el Estado de Campeche el 99.4% de su territorio es rural (Uzcanga *et al.*, 2012). Utilizando los datos de la superficie cosechada de los seis principales cultivos del Estado (maíz, soya, caña de azúcar, arroz, sorgo y calabaza chihua) del SIAP-SAGARPA (2015), se estima una producción de 894,764 t MS de residuos potenciales para usarse en cepas de *Pleurotus*. Sin embargo, es necesario conocer la disponibilidad real de residuos agrícolas en las comunidades rurales debido a que son considerados como potenciales para la producción de hongos cuando son accesibles al productor. Los hongos del género *Pleurotus* representan una alternativa de alimento nutritivo rico en proteínas, aminoácidos esenciales, fibra y bajos en grasas, mejoran la dieta, promueven la salud y brindan seguridad alimentaria en zonas rurales (Martínez-Carrera *et al.*, 2010). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el potencial de los principales residuos vegetales disponibles en zonas rurales de Campeche y probarlos como sustrato de cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

## 1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un diagnóstico de los residuos vegetales disponibles en sistemas agrícolas de pequeños productores de algunas localidades rurales del Estado de Campeche y después se evaluó a nivel laboratorio el potencial de cuatro residuos agrícolas locales en el cultivo de dos cepas de *Pleurotus ostreatus* (CP-50 y CP-573).

### 1.2.1. Fase de diagnóstico

### 1.2.2. Área de estudio y tamaño de la muestra

Se seleccionaron localidades rurales con menos de 2,500 habitantes (INEGI 2010, CONEVAL 2014) de los municipios inscritos en el Programa Nacional de la Cruzada Contra el Hambre (SEDESOL 2014). Se consideró un total de siete municipios y 13 localidades: Calakmul (Virgencita de la Candelaria, Zoh Laguna), Calkiní (Pucnachen), Campeche (Tixmucuy, Nilchi), Carmen (Chicbul, Pital Nuevo), Champotón (Revolución, General Ortiz Ávila), Escárcega (La Victoria, Silvituc) y Hopelchén (Katab, Xmaben). Se obtuvo una muestra de 184 cuestionarios mediante la fórmula de poblaciones finitas  $\frac{Z^2 p q N}{NE^2 + Z^2 p q}$ , (Sierra 1995), donde: n= tamaño de la muestra, Z= nivel de confianza, p= variabilidad positiva, q= variabilidad negativa, N= tamaño de la población (número de casas habitadas), E= precisión del error.

### 1.2.3. Colecta de la información

Para obtener la información se diseñó un cuestionario semiestructurado con preguntas abiertas y cerradas integrado por cuatro secciones: 1) información general, 2) usos del componente vegetal del solar, 3) manejo de cultivos y 4) uso de los residuos vegetales (solar y cultivos). El cuestionario se aplicó mediante la técnica de la entrevista a los responsables de las unidades familiares al azar, bajo el principio de libre deseo de participar. El trabajo de campo duró 90 días.

### 1.2.4. Análisis de datos

Los cálculos de la biomasa disponible de los residuos se realizaron mediante la fórmula propuesta por Borja *et al.*, (2013), considerando las extensiones de siembra reportadas por los productores y estadística descriptiva con Statistica V7.

#### 1.2.5. Fase de laboratorio

Se desarrolló en el Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales (CREGENHC) del Campus Puebla. Los residuos seleccionados fueron rastrojo de frijol X-pelón (*Vigna unguiculata* L.), pulpa deshidratada de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), cascarilla de huaxin (*Leucaena leucocephala* Lam.), fruto de pixoi (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y paja de trigo (*Triticum aestivum* L.) como control. Estos materiales se evaluaron como sustratos para las cepas CP-50 y CP-753 de *P. ostreatus* obteniendo un total de 10 tratamientos con cuatro repeticiones.

#### 1.2.6. Preparación y pasteurización de los sustratos

Las unidades de producción (UP) pesaron 200 g de sustrato en base al peso seco. La preparación del inóculo y el tratamiento de los sustratos se basaron en el trabajo de Sobal *et al.*, (1993). A los sustratos estériles se les midió el pH con un potenciómetro (Conductronic pH 130) y el peso seco.

#### 1.2.7. Siembra

Se sembró cada UP a una proporción del 15% de inóculo previamente elaborado, en base al peso fresco del sustrato en condiciones de esterilización. Una vez sembradas se trasladaron al área de incubación a temperatura ambiente.

#### 1.2.8. Variables evaluadas

La colonización (%) del sustrato (CS) se documentó cada tercer día. La aparición de primordios (AP) se reportó a partir de los días transcurridos desde la inoculación hasta la aparición de los primeros brotes. La eficiencia biológica (EB%) se calculó mediante la división del peso total de los hongos frescos cosechados entre el peso seco del sustrato al momento de la inoculación (Salmones *et al.*, 1997). La tasa de colonización (TC) se obtuvo de dividir la colonización del sustrato (%) entre el tiempo que tardó en colonizar cada cepa. La tasa de producción (TP) se calculó con la fórmula EB/tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la primera cosecha (Reyes *et al.*, 2004).

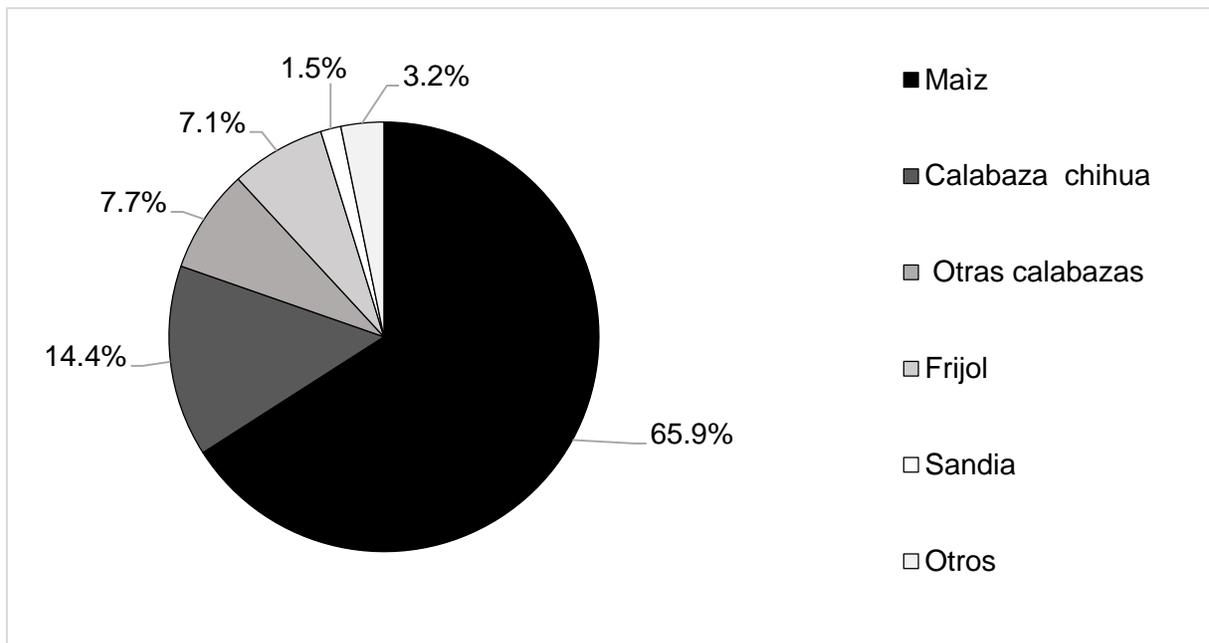
### 1.2.9. Análisis estadístico

Se usó un diseño experimental de bloques al azar de dos factores: factor 1 la cepa con dos niveles (CP-50 y CP-753) y factor 2 los sustratos con cinco niveles (rastrojo de frijol X-pelón, pulpa de calabaza chihua, cascarilla de huaxin, fruto de pixoi y paja de trigo). El análisis de los datos se realizó mediante un ANOVA, con prueba de medias mediante Tukey ( $P < 0.05$ ) con el software STATISTICA.V7.

## 1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.3.1. Diagnóstico de los sistemas de producción agrícola

En los 184 sistemas de producción el cultivo más sembrado fue el maíz con un 65.9%, seguido de calabaza chihua y frijol X-pelón con 14.4 y 7.1%, respectivamente (Figura 1). En el cultivo de maíz, en el de la calabaza chihua y en el de frijol X-pelón se emplean  $428 \pm 5.3$ ,  $93 \pm 1.3$  y  $46.2 \pm 1$  ha por ciclo, para los que destinan 2.3, 0.5 y 0.2 ha en promedio.



**Figura 1.** Principales cultivos agrícolas de las localidades rurales de Campeche que conformaran el área de estudio.

Así mismo se registró que el 3.2% de los productores encuestados realizan otros cultivos en superficies menores a una hectárea dentro de los que destacan diversas variedades de calabazas (*Cucurbita* spp.), sandía (*Citrullus lanatus*), chile (*Capsicum* spp.), camote (*Ipomoea batatas*), yuca (*Manihot esculenta*), cacahuete (*Arachis hipogaea*), jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y plátano (*Musa paradisiaca*) (Cuadro 1). Estos últimos cultivos además de representar una opción de ingresos económicos para la familia representan una fuente de alimentos y otros satisfactores de índole personal, lo que coincide con Toledo (1993) y Lerner (2009), quienes mencionan que la dinámica de los sistemas campesinos no se basa en los principios del capitalismo cuyo fin es la generación de riqueza, sino en una economía de bienestar familiar.

Los productores mencionan que el huaxin, pixoi, ramón (*Brosimum alicastrum*) y huaya (*Melicoccus bijugatus*) constituyen recursos forestales que se encuentran disponibles a lo largo del año. En este sentido Anguiano (2012) menciona que la producción de materia seca de follaje por árbol de huaxin puede ser de 13 kg MS árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; para pixoi Giraldo (1998) reporta producciones de 74 kg MS árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y para ramón Mendoza *et al.*, (2000) reporta producciones de 36 kg MS árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

**Cuadro 4.** Estimación de la producción de residuos agrícolas en comunidades rurales de Campeche, México.

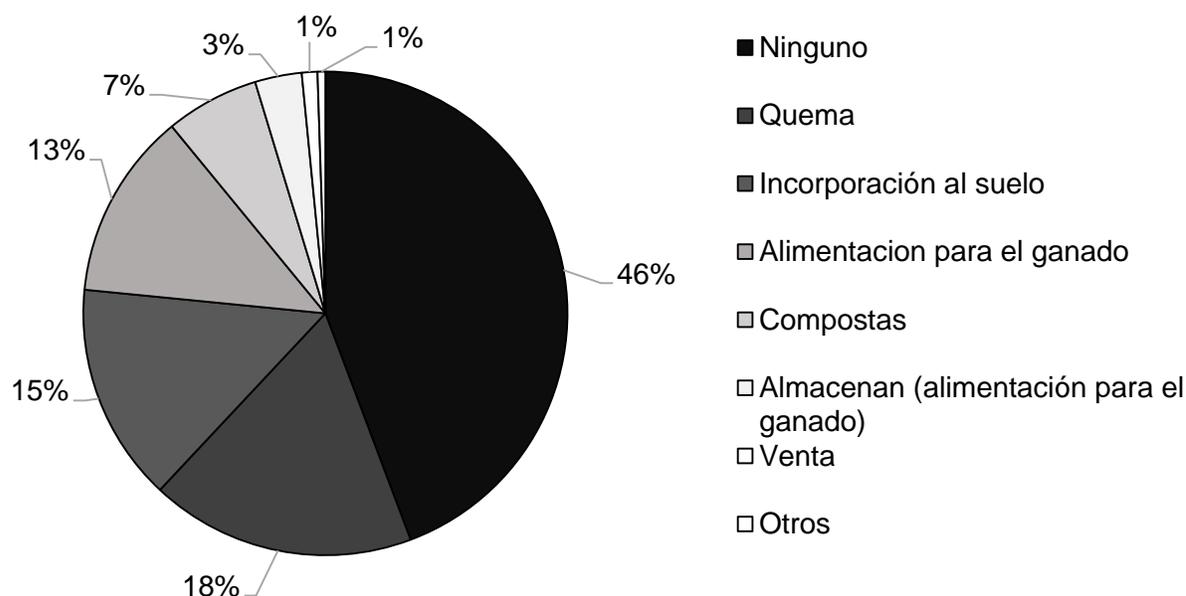
Cultivos agrícolas	Superficie sembrada (Ha)	Residuo generado	Generación de residuos (estimación)	P	Localidades
Maíz	428	Rastrojo	4,583.69	130	Katab, Xmaben, Silvituc, Chicbul y Tixmucuy
Calabaza chihua	93.5	Pulpa	1,309	49	Zoh-laguna y Xmaben
Calabaza	50.6	Rastrojo	NR	25	Zoh-laguna, Pucnachen, Nilchi, Chicbul, Nuevo pital, Revolución y Xmaben
Frijol X-pelón	46.2	Rastrojo	802.14	24	Virgencita de la Candelaria, Zoh-laguna, Xmaben y Silvituc

Cacahuate	0.5	Rastrojo	3,391	1	Nilchi
Chile	7.8	Rastrojo	715.05	7	Virgencita de la Candelaria, Chicbul, Victoria y Silvituc
Camote	28	Rastrojo	345.88	3	Pucnachen, Zohlaguna, Revolución y Silvituc
Sandia	9.92	Rastrojo	NR	8	Chicbul, Silvituc y Virgencita de la Candelaria
Yuca	1	Rastrojo	NR	2	Silvituc y Revolución
Jamaica	0.5	Rastrojo	171.42	1	Nilchi
Naranja	0.5	Follaje y fruta	NR	1	Revolución y Pucnachen
Limón	2	Follaje y fruta	NR	2	Nilchi
Plátano	Indefinida	Tallo y follaje	4.9 t año/ha	MS 44	General Ortiz Ávila, Chicbul, Virgencita de la Candelaria, Silvituc y Revolución
<b>Plantas forestales</b>					
Huaxin	Indefinida	Cascarilla y follaje	13 kg MS árbol <sup>1**</sup>	66	Tixmucuy, Revolución y Xmaben
Pixoi	Indefinida	Fruta y follaje	74 kg MS árbol <sup>1***</sup>	58	Tixmucuy
Ramón	Indefinida	Fruta y follaje	36 kg MS árbol <sup>1 año<sup>-1****</sup></sup>	11	Xmaben
Huaya	Indefinida	Fruta y follaje	NR	54	Virgencita de la Candelaria, Xmaben, Revolución, Victoria y Zohlaguna

\*García *et al.* (1993), \*\*Anguiano *et al.* (2012), \*\*\*Giraldo (1998), \*\*\*\*Mendoza *et al.* (2000), NR; No registrado. P= Productores.

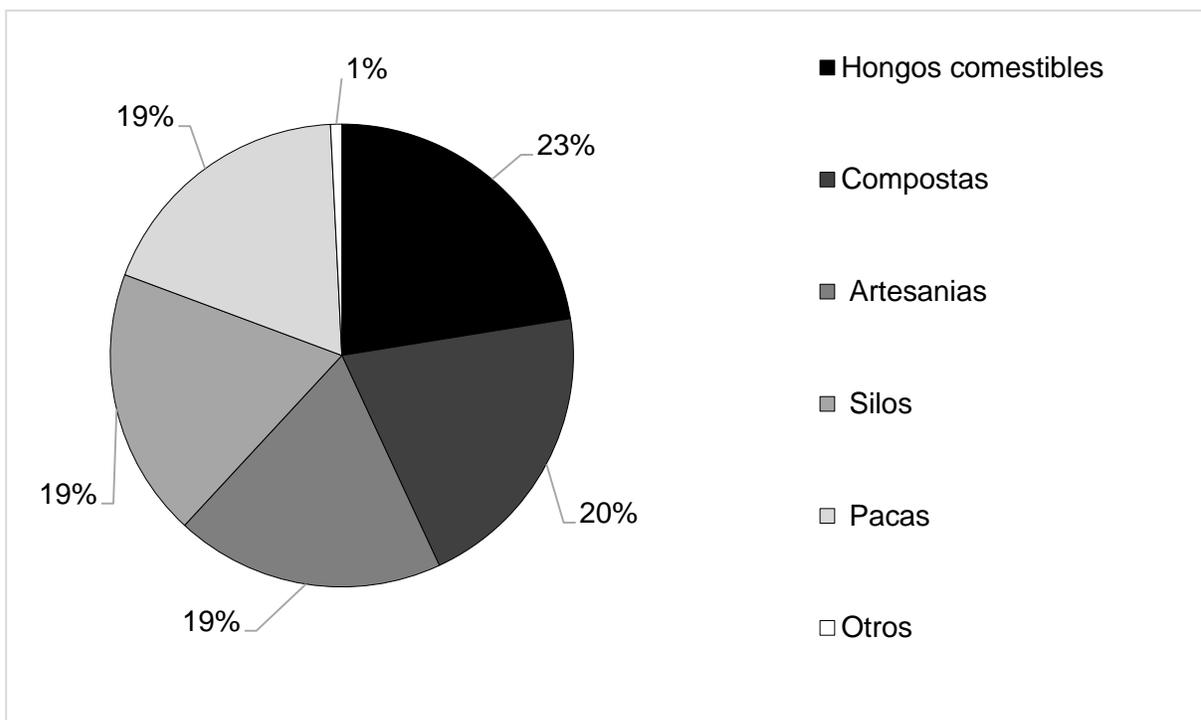
Se observó que en la mayoría de los sistemas los residuos vegetales carecen de un proceso de aprovechamiento definido con anterioridad, y solo 13% de los productores lo utiliza para la alimentación de ganado, mientras que el 18% los quema, mayoritariamente (46%) no tienen uso alguno (Figura 2). Estos resultados son

menores a los reportados en otras altitudes del país, como el caso de la región Frailesca del Estado de Chiapas en donde el 53% de los productores utilizan residuos agrícolas para la alimentación animal y el 20% lo quema (Guevara *et al.*, 2013). Por su parte Camacho *et al.*, (2013), reportaron que el 95% de los productores del valle del centro del país utilizan los residuos de los cultivos para la alimentación animal y solo el 5% realiza quemas esporádicas.



**Figura 2.** Usos actuales de los residuos agrícolas que reportaron las personas entrevistadas de las localidades rurales de Campeche.

Los responsables de los sistemas de producción, mostraron interés de aprender y usar los residuos agrícolas para la preparación de alimentos para consumo humano (23%), alimentación animal, producción de abonos orgánicos (20%) y elaboración de artesanías (Figura 3). Esto indica su disposición para la diversificación del uso de los mismos, lo que hace necesaria la transferencia de una biotecnología sencilla y de bajo precio por parte de personal técnico especializado en cultivo de hongos comestibles, para realizar alternativas de uso de estos recursos en las comunidades, dado que varias de las inquietudes que manifiestan los productores fueron validadas (Gaitán y Silva 2016; Hellin *et al.*, 2013; Mendieta y Marcillo 2013).



**Figura 3.** Potenciales usos de los residuos agrícolas que pueden realizar los productores de las localidades rurales de Campeche.

### 1.3.2. Fase de Laboratorio

El cultivo de la cepa CP-753 en rastrojo de frijol X-pelón fue más eficiente ( $F_{9, 20}=6.96$ ,  $P=0.001$ ) y la colonización del sustrato fue de 12 días, por su parte, la cepa CP-50 en el tratamiento fruto de pixoi alcanzó el 85% de colonización a los 33 días de incubación. Con respecto a la aparición de primordios el tratamiento con el valor más rápido fue la CP-753 en rastrojo de frijol, al mostrar presencia de primordios a los 15 días posteriores a la siembra (Cuadro 5), mientras que la CP-50 en pulpa de calabaza y fruto de pixoi, no se obtuvieron fructificaciones ( $F_{9, 20}=695.25$ ,  $P=0.001$ ), ni se encontró efecto del sustrato sobre esta variable ( $F_{4, 25}=0.83$ ,  $P=0.5$ ). Por su parte Sosa (2012), reporta valores semejantes a la presente investigación con promedios de 25 días para la aparición de primordios, el rastrojo frijol X-pelón presentó valores entre 15 y 27 días. Bernabé *et al.*, (2004), obtuvo en promedio 16 días en el sustrato rastrojo de maíz al ser inoculado por *P. pulmonarius*.

La eficiencia biológica (EB) fue mayor ( $F_{9,20}=122.39$ ,  $P=0.0001$ ) con la cepa CP-753 en rastrojo de frijol X-pelón y paja de trigo con valores de 104.88% y 66.61%,

respectivamente (Cuadro 5). La cepa CP-753 presentó mayores EB ( $F_{1, 28}=3.71$ ,  $P=0.06$ ) en comparación con CP-50. Los valores más altos del presente estudio se encuentran en el rango reportado por Sobal *et al.*, (1993) de 98.8% a 137.6%, pero inferiores al 111.41% reportado por Alejo (2015), en cultivos de *P. ostreatus* inoculado en rastrojo de frijol.

La tasa de producción (TP) de hongos fue mayor en la cepa CP-753 en rastrojo de frijol X-pelón con  $5.24 \text{ g día}^{-1}$  ( $F_{9, 20}=181.79$ ,  $P=0.001$ ) (Cuadro 5). Los valores obtenidos son superiores a los reportados por Romero *et al.*, (2010), con la cepa CP-50 en pajilla de frijol; a excepción de los valores obtenidos con fruto de pixoi en las dos cepas.

El sustrato que *P. ostreatus* colonizó más eficientemente fue el rastrojo de frijol X-pelón con un valor promedio de 15 días y el menos eficiente fue el fruto de pixoi con 30 días ( $F_{4, 25}=21.25$ ,  $P=0.0001$ ) (Cuadro 6). La TC varió dependiendo del sustrato, Romero *et al.*, (2010) obtuvo una TC de 5.5 en residuos de rastrojos de frijol y paja de trigo. El rastrojo de frijol X-pelón sobresalió ( $F_{4, 25}=31.23$ ,  $P=0.0001$ ) con un valor promedio de 92.83% de EB y el valor más bajo se obtuvo en el fruto de pixoi con 7.16% (Cuadro 6). De igual forma, el rastrojo de frijol X-pelón mostró mayor tasa de producción ( $F_{4, 25}=17.69$ ,  $P=0.000001$ ) con  $3.88 \text{ g día}^{-1}$ , mientras que fruto de pixoi siguió siendo el más bajo ( $0.19 \text{ g día}^{-1}$ ).

**Cuadro 5.** Producción de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* usando residuos agrícolas y forestales como sustratos en condiciones de laboratorio.

Cepa	Sustrato	Colonización del sustrato (días)	Aparición de primordios (días)	Tiempo a la primera cosecha (días)	Biomasa (g)	Eficiencia biológica (%)	Tasa de colonización (TC)	Tasa de producción (TP)
CP-50	RF	18	27	32	173,33±7,64 <sup>b</sup>	80,80±5,85 <sup>b</sup>	5.55	2.52
	CH	24	27	32	75,67±9,09 <sup>d</sup>	38,61±5,11 <sup>f</sup>	4.16	1.17
	PT	18	21	25	178,33±10,41 <sup>b</sup>	57,05±11,46 <sup>cd</sup>	3.55	2.11
	PC	21	NR	NR	NR	NR	4.76	NR
	FP	33	NR	NR	NR	NR	2.57	NR
CP-753	RF	12	15	19	211,67±10,41 <sup>a</sup>	104,88±6,60 <sup>a</sup>	8.33	5.24
	CH	15	19	24	111,00±4,58 <sup>c</sup>	59,89±4,30 <sup>c</sup>	6.66	2.50
	PT	15	21	25	178,00±12,12 <sup>b</sup>	66,61±2,47 <sup>bc</sup>	6.66	2.66
	PC	21	27	32	66,00±10,15 <sup>d</sup>	43,79±4,79 <sup>df</sup>	4.76	1.37
	FP	27	31	36	21,67±3,51 <sup>e</sup>	14,32±2,91 <sup>g</sup>	3.70	0.39

RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin. PT= Paja de trigo. PC= Pulpa de calabaza. FP= Fruto de pixoi. NR: No registrada. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa Tukey ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 6.** Efecto de cinco sustratos sobre la producción de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* en condiciones de laboratorio.

Nivel	Factor	Colonización del sustrato (días)	Aparición de primordios (días)	Tiempo a la primera cosecha (días)	Biomasa (g)	Eficiencia biológica (%)	Tasa de colonización (TC)	Tasa de producción (TP)
Cepa	CP-50	22.80	15.20	18.06	85.46±81.78 <sup>b</sup>	35.29±33.29 <sup>b</sup>	4.52	1.16
	CP-753	18	22.93	27.60	117.16±72.70 <sup>a</sup>	57.89±33.29 <sup>a</sup>	6.02	2.43
Sustrato	RF	15	21.33	25.83	192.50±22.52 <sup>a</sup>	92.83±14.32 <sup>a</sup>	6.94	3.88
	CH	19.50	23.16	28.16	93.33±20.38 <sup>c</sup>	49.25±12,39 <sup>c</sup>	5.41	1.83
	PT	16.50	21.33	25.66	178.16±10.10 <sup>b</sup>	61.82±2,47 <sup>b</sup>	6.11	2.38
	PC	21	13.83	16.33	33.00±36.71 <sup>d</sup>	21.89±24.17 <sup>d</sup>	4.76	0.68
	FP	30	15.66	18.16	10.83±12.07 <sup>e</sup>	7.16±8,06 <sup>e</sup>	3.13	0.19

RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin. PT= Paja de trigo. PC= Pulpa de calabaza. FP= Fruto de pixoi. NR: No registrada. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa Tukey ( $p < 0.05$ ).

#### **1.4. CONCLUSIONES**

En las localidades rurales del Estado de Campeche existe una amplia disponibilidad de residuos vegetales y forestales, los cuales carecen de uso sistemático por parte de los productores. Se evidenció el interés de los productores entrevistados para aprender a utilizar los residuos vegetales en diferentes actividades agrícolas, para lo cual se requiere establecer mecanismos de capacitación. Se comprobó que el rastrojo de frijol X-pelón y la cascarilla de huaxin presentan buen potencial para la producción de las cepas CP-753 y CP-50 de *P. ostreatus* en condiciones de laboratorio. Es necesario realizar evaluaciones con los diferentes residuos y utilizar los mejores en módulos de producción de hongos rústicos en las localidades que generen dichos residuos para validar y difundir su producción como una estrategia agroecológica que permita mejorar la seguridad alimentaria de las familias rurales en el Estado de Campeche.

#### **1.5. AGRADECIMIENTOS**

Este estudio forma parte del proyecto Cátedras-CONACYT 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales del Estado de Campeche”.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado del estudiante, al Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, al Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla y a los productores participantes de las zonas rurales de Campeche, México, por la información brindada.

## 1.6. LITERATURA CITADA

- Alejo, C; Martínez, G; León, A. 2015. Eficiencia biológica de *Pleurotus* sp nativo de Oaxaca (ITAO-27) sobre rastrojos de frijol, maíz y olote. *Revista de Agroecosistemas* 2(2): 99-106.
- Anguiano, J; Aguirre, J; Palma, J. 2012. Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocus nucifera*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(1): 103-107.
- Bernabé, T; Cayetano, M; Adán, A; Torres, M. 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Micología* 18(julio): 77-80.
- Borja, B; Reyes, M; Espinosa, G; Vélez, I. 2013. Producción y consumo de rastrojos en México. *In: Reyes, L; Camacho, T; Guevara, F (eds.). Rastrojos manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Aguascalientes, México, INIFAP. p. 12-35.*
- Camacho, V; Beuchelt, T; Hernández, L; Hellin, J. 2013. Situación social y económica en el manejo y uso del rastrojo en la región Valles Altos. *In: Reyes, L; Camacho, T; Guevara, F (Eds.). Rastrojos manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Aguascalientes, México, INIFAP. p. 93-136.*
- CONEVAL, 2014. Medición de la pobreza en México y en las entidades federativas (en línea). México D.F., México. Consultado en junio de 2015. [http://www.coneval.gob.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza\\_2014.aspx](http://www.coneval.gob.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2014.aspx).
- Cruz, D; López, E; Pascual, L; Battaglia, M. 2010. Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* 104(3-4): 139-154.
- Fernandes, A; Barros, L; Martins, A; Herbert, P; Ferreira, I. 2015. Nutritional characterization of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. *Food Chemistry* 169(2): 396-400.
- Gaitán, R; Silva, H. 2016. Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Micología* 43: 43-47.
- García, A; Mora, M; L. y, J; Domínguez, L; Puig, A; Quintanó, J; Cobas, M; Martínez, M; Castellanos, M; Segarra, W; Frómata, M; Novo, O; Pérez, D. 1993. Uso de residuos foliares del plátano y boniato en la alimentación del cerdo. La Habana, Cuba. Informe final Etapa: Residuos Foliares. Instituto de Investigaciones Porcinas. 42 p.
- Giraldo, L. 1998. Potencial de la arborea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica (en línea)*. Medellín, Colombia. Consultado en agosto de 2016. [www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Girald13](http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Girald13).
- Guevara, F; Rodríguez, L; Ovando, J; Gómez, H; Ocaña, M; Camacho, T. 2013. Implicaciones socioeconómicas y energéticas del uso y manejo de rastrojo en la

- región Frailesca, Chiapas. *In*: Reyes, L; Camacho, T; Guevara, F (eds.). Rastrojos manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Aguascalientes, México, INIFAP. p. 37-92.
- Hellin, J; Erenstein, O; Beuchelt, T; Camacho, C; Flores, D. 2013. Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop–livestock systems in Mexico. *Field Crops Research* 153:12–21.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2010. Dirección general de geografía y medio ambiente (en línea). Aguascalientes, México. Consultado en junio de 2015. [www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/.../16-%20marco\\_geoestadistico\\_nacional.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/.../16-%20marco_geoestadistico_nacional.pdf).
- Lerner, T; Mariaca, R; Salvatierra, B; González, A; Wanl, E. 2009. Aporte de alimentos del huerto familiar a la economía campesina Ch'ol, Suclumpá, Chiapas, México. *Etnobiología* 7(1): 30-44.
- López, C; Ancona, L; Medina, S. 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología* 21: 93-97.
- Martínez-Carrera, D; Morales, P; Sobal, M; Bonilla, M; Martínez, W. 2007. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. *In*: Sánchez, E; Martínez-Carrera, D; Mata, G; Leal, H (Eds.). *El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México*. Chiapas, México. ECOSUR. p. 209-224.
- Martínez-Carrera, D; Curvetto, N; Sobal, M; Morales, P; Mora, M. 2010. Desarrollo de bebidas y alimentos funcionales a partir de los recursos genéticos de los hongos comestibles y medicinales en México. *In*: Martínez-Carrera, D; Curvetto, N; Sobal, M; Morales, P; Mora, M (Eds.). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMCUAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. México. p. 221-240.
- Mendieta, R; Marcillo, V. 2013. Utilización del hongo *Pleurotus sapidus* en la degradación lignocelulósica del rastrojo de maíz para la elaboración de abono en agricultura orgánica. Tesis Lic. Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel López Félix Calceta. 92 p.
- Mendoza, H; Tzec, G; Solorio, F. 2000. Efecto de las frecuencias de rebrote sobre la producción y calidad del follaje del árbol "Ramón" (*Brosimum alicastrum* Swartz). *Livestock Research for Rural Development* 12(4): 1-6.
- Reyes, G; Abella, A; Eguchi, F; Iijima, T; Higaki, M; Quimio, T. 2004. Growing paddy straw mushroom. *In*: *Mushroom grower's handbook 1; Oyster mushroom cultivation*. Corea. Mushroom World. p. 262-269.
- Romero, O; Huerta, M; Damian, M; Macías, A; Tapia, A; Parraguirre, J; Juárez, J. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja

- de plátano (*Musa paradisiaca* L. cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 34(1): 53-63.
- Salmones, D; Gaitán, R; Pérez, R; Guzmán, G. 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología* 14: 173-176.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social), 2014. Informe anual sobre el índice de pobreza en el municipio de Champotón Campeche (en línea). México D.F., México. Consultado en junio de 2015. <http://www.CONEVAL.gob.mx/pdfs/CHAMPOTON.pdf>.
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Alimentaria y Pesquera), 2015. Cierre de la producción agrícola por estado (en línea). México D.F., México, Consultado en enero de 2016. <<http://www.siap.gob.mx>>.
- Sierra, BR. 1995. Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios. Editorial: Ediciones Paraninfo. Madrid, España. 720 p. ISBN: 9788428324298
- Skariyachan, S; Prasanna, A; Manjunath, S; Karanth, S; Nazre, A. 2016. Environmental assessment of the degradation potential of mushroom fruit bodies of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) P. Kumm. towards synthetic azo dyes and contaminating effluents collected from textile industries in Karnataka, India. *Environ Monit Evaluar* 188(enero):121-129.
- Sobal, M; Morales, P; Martínez-Carrerea, D. 1993. Utilización de los rastrojos de haba y frijol como sustratos para el cultivo de *Pleurotus*. *Micología Neotropical Aplicada* 6:137-141.
- Sosa, O. 2012. Evaluación de cuatro sustratos para la producción artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), bajo condiciones controladas, en el municipio de la Unión, Zacapa. Tesis de Lic. Guatemala, Universidad Rafael Landívar Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 67 p.
- Toledo, V. 1993. La racionalidad ecológica de la producción campesina. *In*: Sevilla, E; González, M (eds.). *Ecología e historia*. Madrid, La Piqueta. p. 197-218.
- Uzcanga, NP; Maya, MA; Cano, GA. 2012. Diagnóstico sectorial para la planeación en el estado de Campeche. Campeche, México. INIFAP, Centro de Investigación Regional Sureste, San Francisco de Campeche. 148 p.

## CAPÍTULO II. POTENCIAL DE TRES RESIDUOS VEGETALES PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN UN MÓDULO RÚSTICO BAJO CONDICIONES DE TRÓPICO HÚMEDO

### Resumen

En las zonas rurales del Estado de Campeche, México se generan residuos vegetales que carecen de aprovechamiento, existe la necesidad de desarrollar estrategias de cultivo de hongos comestibles como opción para la producción de alimento microbiano para consumo humano. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* y las características físicas de las setas, usando rastrojo de maíz, rastrojo de frijol X-pelón y cascarilla de huaxin como sustratos en un módulo rústico en el Estado de Campeche. Se obtuvieron seis tratamientos con 5 repeticiones cada uno, la unidad experimental fue la unidad de producción. La cepa CP-753 fue superior ( $p < 0.05$ ) que CP-50 en eficiencia en colonización y aparición de primordios con valores de 16 y 31 días vs 15 y 38 días, respectivamente. Se logró una mayor producción de hongos frescos en la CP-753 con rastrojo de frijol con 3,247 g, mientras que CP-50 con cascarilla de huaxin presentó el menor rendimiento con 865 g. La cepa CP-50 fue más eficiente para degradar el sustrato que CP-753 con 30.44 y 21.28%. Los frutos de CP-753 con rastrojo de frijol presentaron las mejores características físicas con peso individual y tamaño del píleo de 17.78 g y 10.55 cm y los frutos de la cepa CP-50 con rastrojo de maíz mostraron la menor calidad con 5.38 g y 4.84 cm para las dos variables. El rastrojo de maíz y la CP-753 presentaron las mejores eficiencias en las variables de producción y calidad de los hongos, mientras que los módulos rústicos de producción de *P. ostreatus* en zonas rurales representan una opción viable para utilizar residuos vegetales locales para la producción de alimento.

**Palabras clave:** Agricultura familiar, alimento microbiano, *Pleurotus ostreatus*, residuos vegetales.

## POTENTIAL OF THREE CROP RESIDUES FOR THE PRODUCTION OF *Pleurotus ostreatus* UNDER RUSTIC CONDITIONS IN THE HUMID TROPICS

### Abstract

In rural areas of the State of Campeche, Mexico, crop residues is generated that are not used, there is a need to develop edible mushrooms cultivation strategies as an option for the production of microbial food for human consumption. The objective of the present work was to evaluate the productive performance of the CP-50 and CP-753 strains of *Pleurotus ostreatus* inoculated in corn stubble, bean X-pelón stubble and huaxin husk in a rustic facility under humid tropical conditions. The rural areas of Campeche state have a large crop byproduct output which lacks processing and so there is the need to develop and validate farming strategies to produce edible mushrooms of the genus *Pleurotus*, as an option for the contribute to the development of the communities through simple and productive short-term activities. Evaluated variables were: substrate colonization, days to primordium appearance, fresh biomass, biological efficiency, degradation rate, production rate, fresh mushroom weight, pileus diameter and total mushroom length. Six treatments with 5 repetitions were conducted. The strain that presented the best colonization efficiencies and days to primordium appearance was CP-753 with average lengths of 16 and 31 days, respectively; while the CP-50 strain showed the lowest values of 15 and 38 days, respectively, for the same variables. The highest production of fresh mushrooms was observed in the CP-753-bean stubble with a value of 3,247 g whereas the CP-50-husk of huaxin presented the lowest value with 865 g. The CP-50 strain showed a higher degradation efficiency index than the CP-753 strain, with 30.44 and 21.28%, respectively, of substrate transformation into mushroom production. There were better physical characteristics, weight and size, in mushroom from the CP-753-bean stubble treatment with mean values of 15.12 g and 10.55 cm for the weight and pileus diameter, respectively; meanwhile, the CP-50-corn stubble treatment produced mushroom with the lowest values of 5.38 g and 4.84 cm, for the weight and size, respectively. The CP-753 presented the best efficiencies in the variables of production and quality of fungi, while modules rustic production of *P. ostreatus* in rural areas represent a viable option to use waste local plants for the production of food.

**Keywords:** Rural backyards, microbial food, *Pleurotus ostreatus*, crop residues.

## 2.1. INTRODUCCIÓN

En el Estado de Campeche el 50.3% de la población total presenta algún grado de pobreza y el 31.1% se encuentra en situación de carencia alimentaria (CONEVAL, 2012). La actividad agrícola es una de las principales actividades económicas en la entidad y ocupa el 4.02% de la superficie estatal. Se siembran en promedio 215 mil hectáreas con cultivos cíclicos y otras 27 mil con cultivos perennes con una producción aproximada de 1.5 millones de toneladas de diversos productos (SIAP, 2015). La mayoría de los cultivos empleados en la entidad generan grandes cantidades de residuos vegetales que carecen de un proceso planeado de aprovechamiento (Morán *et al.*, 2016). En este sentido, se ha planteado que es factible usar estos recursos en procesos biotecnológicos para obtener productos alimenticios de buena calidad para hacer frente a la carencia alimentaria en las zonas rurales (Chang y Miles, 2004; López *et al.*, 2005). Una alternativa es la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus*, cuya importancia radica en su capacidad de reciclar los residuos vegetales lignocelulósicos, ser una fuente importante de alimentos de buena calidad y un medio para generar ingresos extras para las familias rurales (Martínez-Carrera *et al.*, 2010). La producción de *Pleurotus* en el medio rural representa una alternativa de producción económicamente viable con potencial económico por tener ciclos de producción cortos y adaptarse a variadas condiciones climáticas (Mata *et al.*, 2016). Los sistemas de producción de hongos comestibles en el medio rural generalmente se desarrollan en pequeña escala en unidades familiares o microempresas, que hacen uso de los residuos vegetales que se generan en los traspatios o parcelas (Romero *et al.*, 2010). En las zonas rurales del sur del país se han utilizado cepas nativas como la UADY-18 y UADY-19 (Sánchez *et al.*, 2007), ITAO-2, e ITAO-27 (Alejo *et al.*, 2015) y extranjeras como la UADY-13 (Ancona *et al.*, 2007) y la CP-50 (Romero *et al.*, 2010) principalmente, observándose que los organismos nativos presentan mejores resultados en producción de cuerpos fructíferos frescos. Para lograr una producción constante de hongos comestibles se requiere tener acceso de manera permanente a suficientes cantidades de residuos agrícolas con altos niveles de fibra en forma de celulosa y lignina para ser utilizados como sustrato. En el Estado de Campeche los cultivos de maíz y frijol son los más distribuidos en el medio rural (Morán *et al.*, 2016).

En el medio rural mexicano existe la necesidad de desarrollar y validar la producción de *P. ostreatus* en módulos rústicos fabricados con materiales locales en diferentes latitudes, dado que según lo reportado por Ancona (2007) y Gaitán y Silva (2016) es factible obtener rendimientos aceptables en estas condiciones. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* inoculadas en rastrojo de maíz, rastrojo de frijol X-pelón y cascarilla de huaxin en un módulo rústico en condiciones de trópico húmedo en el Estado de Campeche.

## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 2.2.1. Ubicación

El estudio se realizó en la comunidad de Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche ubicada en las coordenadas geográficas latitud 19.498611 y longitud -90.517778 a una mediana altura de 30 metros sobre el nivel del mar (msnm). El clima predominante en el área de estudio es AW (Cálido Húmedo) la precipitación anual varía entre 900 y 1, 200mm. La temperatura media anual fluctúa de 23.0 a 28.4°C con máxima de 36.6°C durante y mínima de 15.1°C (PMCC, 2010).

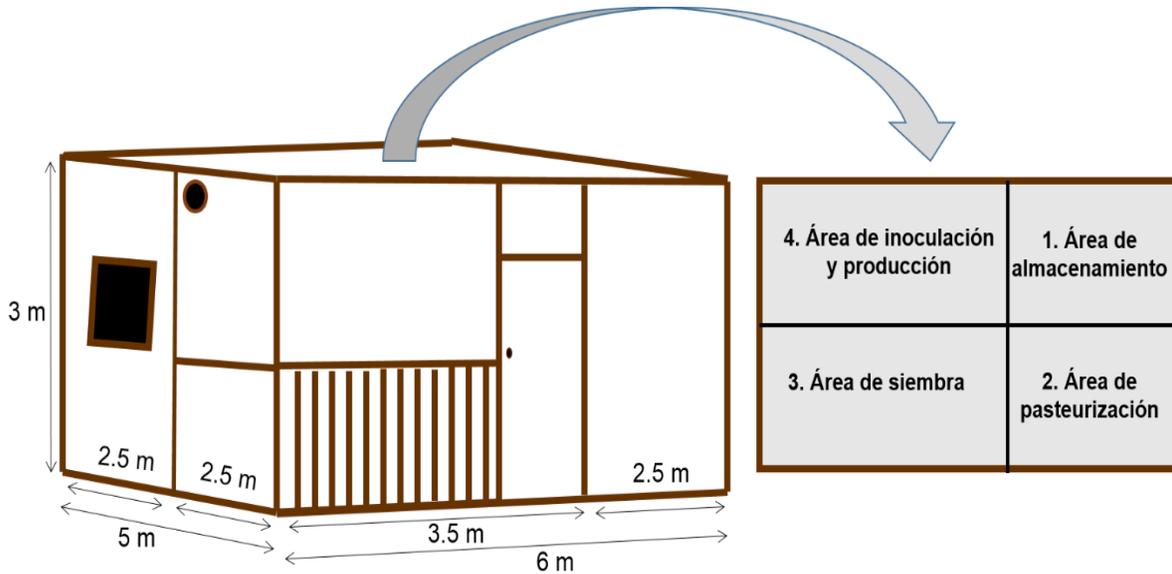
### 2.2.2. Materiales biológicos

Para el experimento se usaron inóculos de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* producidas en el Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Como sustratos se empleó rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) (RM), rastrojo de frijol X-pelón (*Vigna unguiculata* L.) (RF) y cascarilla de huaxin (*Leucaena leucocephala* L.) (CH).

### 2.2.3. Diseño del módulo rústico

Para la construcción del módulo se utilizó madera, láminas de zinc y hojas de guano. Las paredes se construyeron de madera cubiertas de tela mosquetera, para permitir una mejor ventilación y regulación de la temperatura, mientras que el piso se construyó de arena y cemento. Consta de cuatro áreas 1) almacenamiento de sustratos, 2) pasteurización, 3) siembra e 4) incubación y producción (Figura 4). El área de

incubación presentó un sobre techo de aislante térmico (unicel) y un extractor de aire. También se usó un hidrómetro con capacidad (-50 – +70 °C; 20 – 100 % RH) para monitorear la temperatura y la humedad relativa.



**Figura 4.** Diseño del módulo rústico para transferir la biotecnología del cultivo de hongos a la comunidad de Santo Domingo Kesté, Champotón, Campeche.

#### 2.2.4. Procedimiento

La colecta de los residuos se realizó de enero a febrero del 2016 en la localidad de Santo Domingo Kesté. Para el picado de los sustratos se usó una picadora de 4 HP a gasolina se obtuvieron partículas de 3-5 cm. La pasteurización de los sustratos se llevó a cabo con la técnica de inmersión en agua caliente, en un tambo metálico de capacidad 200 l, en el cual se colocaban 120 l de agua y se agregaban y mezclaban 70 g de cal y 282.35 g de yeso por litro de agua. Posteriormente, se llenaron sacos con capacidad de 1 kg de sustrato seco y se introdujeron al tambo metálico a una temperatura de 80°C durante una hora según lo propuesto por Guzmán *et al.*, (1993). Después de la pasteurización y escurrimiento, los sacos se trasladaron al área de siembra para conformar las unidades de producción en bolsas de polietileno transparentes con medidas de 40 x 60 cm, a las que se agregó homogéneamente un 15% de inóculo en relación al peso húmedo del sustrato, cada saco constituyó una

unidad de producción (UP). Después de la siembra las UP se trasladaron al área de incubación y se mantuvieron con una temperatura y humedad de  $31\pm 4^{\circ}\text{C}$  y 60-80%.

#### 2.2.5. Variables evaluadas

Para conocer la colonización del sustrato (CS) se estimó cada tercer día la proporción de la UP invadida por el micelio de manera visual en un horario fijo. Las observaciones se realizaron por el mismo técnico que había sido capacitado previamente. Se contabilizaron los días transcurridos hasta la aparición de primordios (AP) a partir de la inoculación. Para la producción del hongo en fresco (g) y la eficiencia biológica (EB) se calculó mediante la división del peso total de los hongos frescos cosechados/peso seco del sustrato inicial (Salmones *et al.*, 1997). La tasa de producción (TP) se calculó con la fórmula  $TP=EB/\text{tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la cosecha}$  (Reyes *et al.*, 2004), el índice de degradación (ID) se determinó  $ID=\text{peso seco del sustrato inicial menos el peso seco del sustrato final dividido por el peso seco del sustrato inicial multiplicado por 100}$  y la caracterización de los cuerpos fructíferos consistió en peso promedio de los hongos (g), diámetro promedio del píleo (cm), longitud promedio del estípite (cm) y longitud total del cuerpo fructífero (cm) (Morgado 2011).

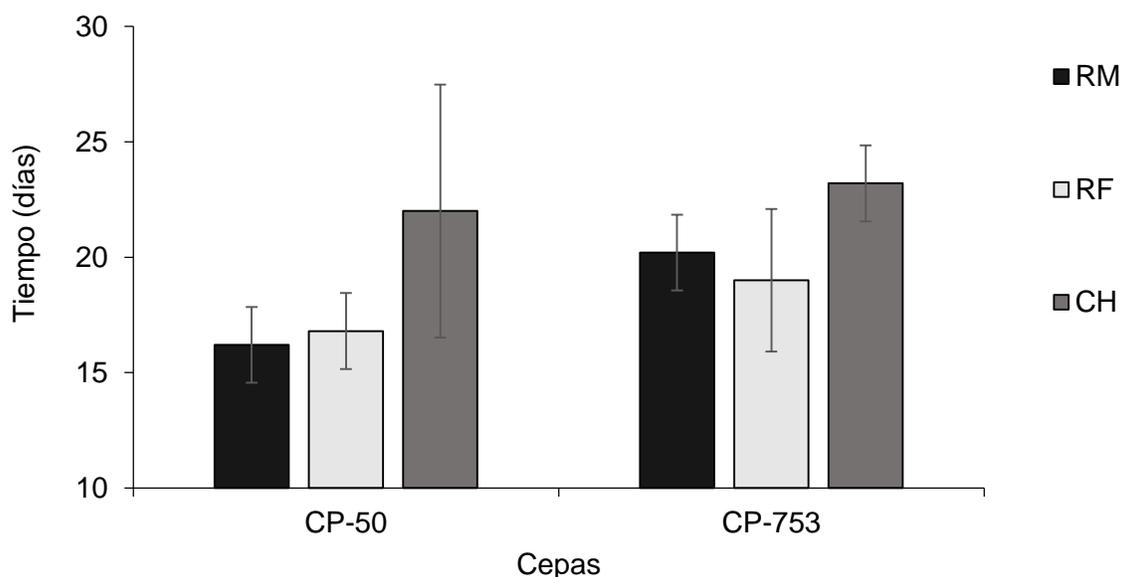
#### 2.2.6. Arreglo estadístico y análisis de la información

Se usó un diseño experimental completo al azar con arreglo factorial de  $2 \times 3$ , en donde el factor 1 fue la cepa con dos niveles (CP-50 y CP-743) y factor 2 los sustratos con tres niveles (rastroy de maíz, rastroy de frijol X-pelón y cascarilla de huaxin). Obteniendo un total de 6 tratamientos, con 5 repeticiones cada uno.

Los datos se analizaron mediante un ANOVA del modelo GLM y la prueba de medias se realizó mediante Tukey ( $P < 0.05$ ) con el software STATISTICA.V7. El análisis de los datos de caracterización de los cuerpos fructíferos se realizó mediante tablas dinámicas de hojas de cálculo del programa Excel de la paquetería Office.

### 2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

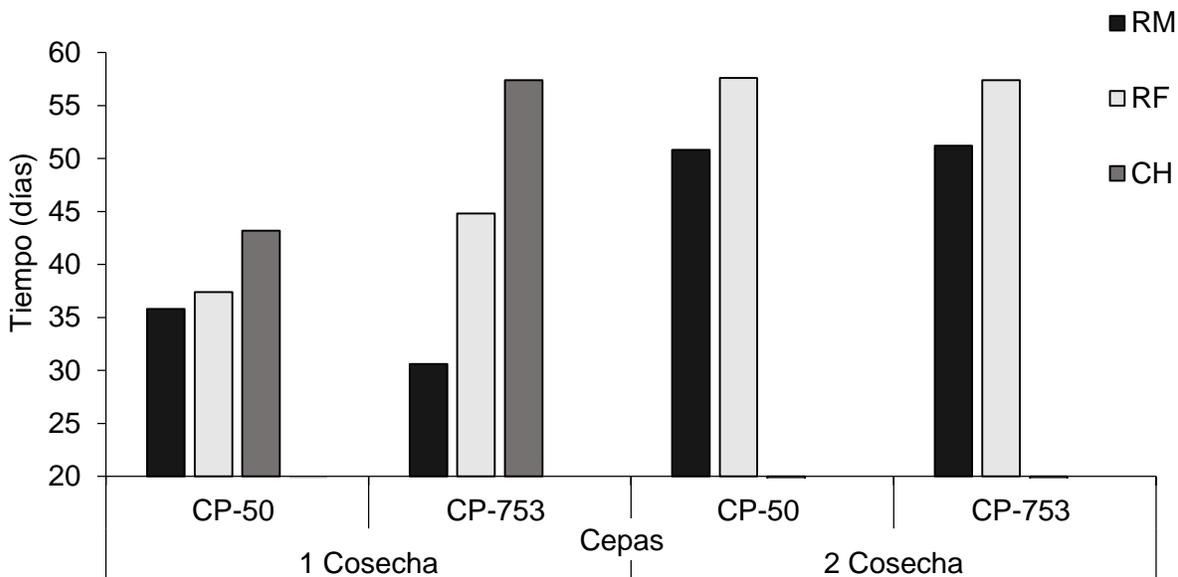
La cepa CP-50 obtuvo un mayor crecimiento micelial al colonizar 100% el sustrato a los 15 días ( $F1, 28=3.65, P=0.06$ ), por su parte la cepa CP-753 presentó los valores más bajos al colonizar al 100% en 23 días en promedio. Mientras que, los tiempos más cortos para la colonización de sustratos se presentaron en rastrojo de maíz y frijol X-pelón con valores promedios de 18.20 días ( $F2, 27=7.27, P=0.002$ ), en comparación con cascarilla de huaxin (22.6 días). La cepa CP-50 con rastrojo de maíz fue el tratamiento más eficiente para la variable colonización del sustrato con 16.20 días ( $F5, 24=4.63, P=0.004$ ), el tratamiento con la menor desarrollo para colonizar el sustrato fue la cepa CP-753 con cascarilla de huaxin con valores de 23.20 días (Figura 5). Estos valores fueron semejantes a los reportados por Romero *et al.*, (2010), quienes obtuvieron en condiciones de campo un crecimiento micelial del 100% al utilizar tratamientos de pajilla de frijol y paja de trigo a los 18 días.



**Figura 5.** Tiempo transcurrido (días) que necesitaron las dos cepas de *Pleurotus ostreatus* para colonizar los diferentes sustratos en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.

En la variable aparición de primordios (AP) la cepa CP-50 fue superior a la CP-753 con valores promedios de 38.80 y 44.26 días en aparecer ( $F1, 28=2.94, P=0.09$ ), respectivamente (Figura 6). El sustrato con presencia de primordios más rápido fue

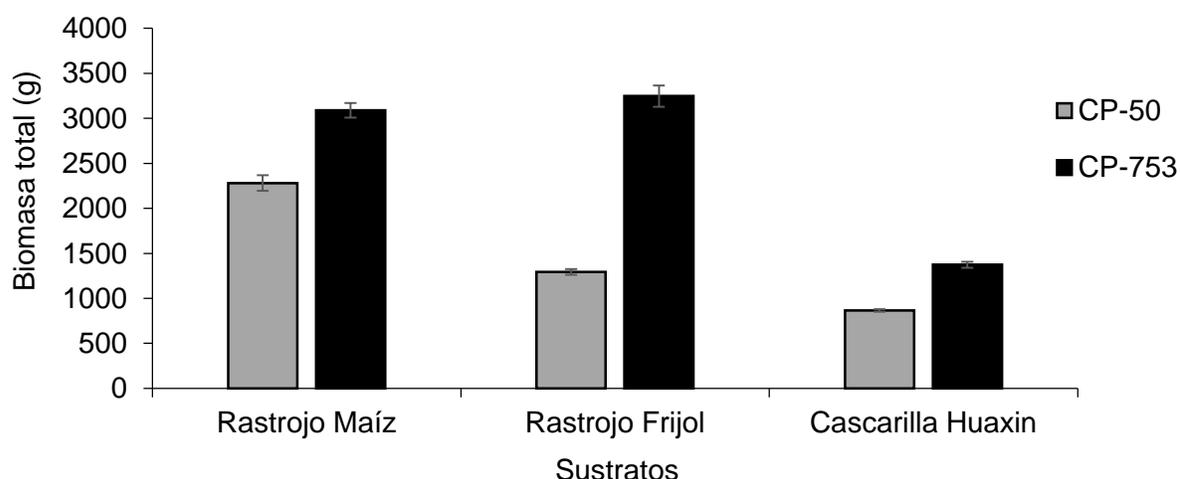
rastrojo de maíz con un promedio de 33.20 días y el valor más bajo se observó en el sustrato cascarilla de huaxin con 50.30 días ( $F_{2, 27}=22.15$ ,  $P=0.000002$ ). Para la interacción cepa-sustrato la cepa CP-753 con rastrojo de maíz obtuvo los tiempos más cortos para la presencia de primordios con 30.60 días ( $F_{5, 24}=56.69$ ,  $P=0.0001$ ), a diferencia la cepa CP-753 concascarilla de huaxin logró los tiempos más largos con valores de 57.40 días. Aparición de primordios más rápidos en condiciones de campo han sido reportadas para rastrojo de maíz por Bernabé *et al.*, (2004) a los 22 días y en paja de avena por López *et al.*, (2005) a los 13 días posteriores a la siembra. Lo cual se debe a la especie cultivada de *Pleurotus* (*P. djamor* y *P. pulmonarius*), y condiciones ambientales evaluadas.



**Figura 6.** Tiempo transcurrido (días) que tomó la aparición de primordios en los dos ciclos de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.

En los sustratos de rastrojo de frijol y rastrojo de maíz se realizaron dos cosechas, mientras que para cascarilla de huaxin solo se realizó una cosecha debido a los largos tiempos de colonización y aparición de primordios, así como también la baja productividad presentada en la primera cosecha. Los ciclos de producción fueron de 61.10 y 56.40 días con rastrojo de maíz y rastrojo de frijol, mientras que para

cascarilla de huaxin la única cosecha se realizó a los 55.90 días. La cepa con mayor producción de hongos frescos fue CP-753 con 514 g, mientras que CP-50 produjo 296 g de hongos frescos (F1, 28=13.04, P=0.001). El sustrato con el mejor resultado fue el rastrojo de maíz con un promedio de 537 g de biomasa fresca (F1, 28=13.04, P=0.001) y el valor más bajo se obtuvo con cascarilla de huaxin con valores inferiores con 223.90 g de biomasa fresca en una sola cosecha. En interacción cepa-sustrato la cepa CP-753 con rastrojo de frijol logró producir la mejor eficiencia con promedios de 649.40 g de hongos frescos (F5, 24=39.06, P=0.0001), a diferencia la cepa CP-50 con cascarilla de huaxin que presentó los valores más bajos con 173 g de hongos frescos. Por su parte, Romero *et al.*, (2013), obtuvo en condiciones de campo una mayor producción de hongos frescos con valores de 6631.62 y 7093.18 g de hongos frescos en rastrojo de maíz y frijol, respectivamente, inoculados con la cepa CP-50 de *P. ostreatus*, en unidades de producción de 6 kg (peso húmedo) con un total de tres cosechas. La producción total de la biomasa fresca en el sustrato rastrojo de frijol inoculado con la CP-753 mostró los valores más altos con 3240 g mientras la CP-50 cascarilla de huaxin logró valores bajos con 865 g (Figura 7). La capacidad de retención de humedad, el pH y minerales presentes en los sustratos pueden ser factores necesarios para lograr una mejor capacidad productiva de las cepas de *Pleurotus* (Romero *et al.*, 2010).



**Figura 7.** Biomasa fresca total (g) de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de campo.

La cepa CP-753 presentó valores superiores en eficiencia biológica (%) con un promedio de 56.84% (F1, 28=29.57, P=0.000008) en comparación con la cepa CP-50 con 28.54%. El sustrato con mayor eficiencia biológica fue rastrojo de maíz con 50.66% (F2, 27=5.38, P=0.01), mientras que el sustrato con el valor más bajo fue la cascarilla de huaxin con 27.79% de eficiencia (Cuadro 7). Con respecto a la interacción cepa-sustrato se observó que la combinación CP-753 con rastrojo de frijol presentó los valores más altos, mientras que la CP-50 con rastrojo de frijol presentó los valores más bajos 75.10 y 40% (F5, 24=162.02, P=0.001). Valores más altos que los observados en el presente trabajo han sido reportados por Gaitán y Silva (2016), quienes obtuvieron 107.3% de eficiencia biológica en sustrato rastrojo de maíz inoculado con *P. ostreatus* en condiciones de campo, al utilizar unidades de producción de 4 kg de peso húmedo con temperatura y humedad relativa de 13-24 °C y 72-81%. Por su parte, Alejo *et al.*, (2015), reportan una eficiencia de 111.41% con la cepa de *Pleurotus* (ITAO-27) en rastrojo de frijol. Estos resultados son superiores a los del presente trabajo debido a factores más favorables como la altitud, temperatura, mayor número de cosechas realizadas y las diferentes especies de *Pleurotus* que se evaluaron. Sin embargo, Macías *et al.*, (2006), reportaron valores similares a la presente investigación con 71.6% cultivando a *P. pulmonarius* en rastrojo de maíz.

**Cuadro 7.** Eficiencia biológica e índice eficiente de degradación (%) de 2 cepas de *Pleurotus ostreatus* en condiciones de campo.

Efecto	Factor	EB	IED
Cepa	CP-50	28.54±8.95 <sup>b</sup>	30.44±12.51 <sup>a</sup>
	CP-753	56.84±18.05 <sup>a</sup>	21.28±10.30 <sup>b</sup>
Sustrato	RM	50.66±11.43 <sup>a</sup>	30.67±8.95 <sup>a</sup>
	RF	49.62±27.21 <sup>a</sup>	25.04±16.09 <sup>a</sup>
	CL	27.79±7.62 <sup>b</sup>	21.86±9.75 <sup>a</sup>
Cepa-Sustrato	CP-50-RM	40.00±2.07 <sup>c</sup>	35.25±10.84 <sup>a</sup>
	CP-50-RF	24.14±3.99 <sup>d</sup>	36.15±7.50 <sup>a</sup>
	CP-50-CH	21.47±3.13 <sup>d</sup>	19.91±12.89 <sup>ab</sup>
	CP-753-RM	61.32±2.44 <sup>b</sup>	26.10±3.27 <sup>ab</sup>
	CP-753-RF	75.10±5.18 <sup>a</sup>	13.93±14.77 <sup>b</sup>
	CP-753-CH	34.11±4.60 <sup>c</sup>	23.81±6.17 <sup>ab</sup>

EB= Eficiencia biológica. IED= Índice eficiente de degradación. NR: No registrada. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa Tukey (p<0.05).

La cepa CP-50 presentó el mayor índice de degradación al transformar un 30.44% de sustrato en alimento (F1, 28=4.78, P=0.03). La cepa CP-50 obtuvo valores inferiores al degradar en promedio un 21.28%. El rastrojo de maíz presentó mayor capacidad de para ser degradado por *P. ostreatus*, con valor de 30.67% (F2, 27=1.37, P=0.2), la menor capacidad de degradación se presentó en cascarilla de huaxin con el 21.86%. La cepa CP-50 con rastrojo de frijol mostró el mayor índice de degradación en comparación la cepa CP-753 con rastrojo de frijol con valores de 36.15 y 13.93%, respectivamente (F5, 24=7.71, P=0.01) (Cuadro 7). En este sentido Romero *et al.*, (2013), encontró índices de degradación superiores con 51.54 y 41.15% en rastrojo de frijol y rastrojo de maíz inoculados con la cepa CP-50 de *P. ostreatus*. Por su parte, López (2005), reporta valores inferiores de degradación en rastrojo de maíz, rastrojo de calabaza y bagazo de henequén con valores de 31.4, 5.5 y 23.7% inoculados con *P. djamor* en condiciones de campo en la Península de Yucatán.

La cepa CP-753 presentó valores superiores en tasa de producción que la cepa CP-50 con 0.94 y 0.51 g día<sup>-1</sup> (F1, 28=23.38, P=0.00004). El sustrato rastrojo de frijol fue superior a rastrojo de maíz y cascarilla de huaxin con 0.89, 0.80 y 0.49 g día<sup>-1</sup> (F2, 27=5.75, P=0.008). La interacción cepa-sustrato en la CP-753 con rastrojo de frijol obtuvo la mejor tasa de producción con un valor de 1.21 g día<sup>-1</sup> (F5, 24=124.86, P=0.0001). Los valores menos eficientes se presentaron en la CP-50 con cascarilla de huaxin y rastrojo de frijol, logrando un promedio de 0.4 día<sup>-1</sup> de tasa de producción. López (2005), obtuvo tasas de producción de *P. djamor* en rastrojo de maíz mayores a las encontradas en el presente trabajo 1.2 g día<sup>-1</sup>. Por su parte. Romero *et al.*, (2013), encontró valores inferiores a la presente investigación con 0.93 día<sup>-1</sup> al utilizar como sustrato rastrojo de maíz, sin embargo al utilizar como sustrato al rastrojo de frijol obtuvo valores de 1.28 g día<sup>-1</sup>, inoculado con *P. ostreatus* CP-50.

Con respecto a las características físicas de las setas el peso promedio del hongo fue de 13.09 y 6.12 g para la cepa CP-753 y CP-50 (Cuadro 8). Los hongos cosechados del sustrato rastrojo de frijol presentó valores de 12.21 g, mientras que con cascarilla de huaxin se registraron valores de 8.24 g de peso promedio de los hongos. La cepa CP-753 cosechada en rastrojo de frijol, presentó los valores más elevados de peso promedio de fruto con 17.78 g y el valor más bajo se registró en la

cepa CP-50 con cascarilla de huaxin con 6.34 g por hongo en promedio. El mayor tamaño en diámetro del píleo se logró en la CP-753, mientras que la CP-50 presentó valores promedios bajos con 8.56 y 5.44 cm, respectivamente ( $F_{1, 28}=29.71$ ,  $P=0.000008$ ). El rastrojo de frijol logró los mejores valores en tamaño con promedios de 8.09 cm, a diferencia al rastrojo de maíz con valores de 6.11 cm de diámetro del píleo ( $F_{2, 27}=2.25$ ,  $P=0.1$ ). Para la interacción CP-753 con rastrojo de frijol mostró valores superior a CP-50 con rastrojo de maíz, con valores promedios de 10.55 y 4.84 cm, respectivamente  $F_{5, 24}=14.12$ ,  $P=0.000002$ ). Morgado (2011), reporta valores semejantes a la presente investigación con un valor promedio de 8.1 cm de diámetro en píleo para las cepas de *P. ostreatus* CP-50 inoculadas en sustrato de trigo. Sin embargo, Hernández y López (2006), obtuvieron valores inferiores a la presente investigación con promedios de 5 a 6 cm de diámetro de píleo en *P. ostreatus* inoculado en sustratos aserrín y olote de maíz.

En la variable longitud del estípite la CP-753 fue superior a la CP-50 con valores promedios de 4.93 y 3.47 cm, respectivamente, mientras tanto el sustrato rastrojo de frijol logro un promedio de 4.74 cm, en comparación el sustrato cascarilla de huaxin al presentar valores bajos de 3.83 cm. La interacción cepa-sustrato en CP-753 con rastrojo de frijol logró promedios de 5.42 cm, mientras que la CP-50 con cascarilla de huaxin mostró valores inferiores de 2.76 cm de longitud del estípite. Morgado (2011), reportó valores superiores al presente trabajo con 5.02 cm de longitud del estípite en sustrato de paja de trigo inoculado con la CP-50 de *P. ostreatus*. Sin embargo, al ser comparado con la CP-753 con rastrojo de frijol se obtuvieron valores semejantes. La variable longitud total del hongo en la CP-753 presentó valores de 10.56 cm, mientras que la CP-50 obtuvo valores inferiores de 7.37 cm ( $F_{1, 28}=23.38$ ,  $P=0.00004$ ). El rastrojo de frijol presentó valores superiores al rastrojo de maíz con valores promedios de 10.51 y 8.14 cm, respectivamente ( $F_{2, 27}=3.69$ ,  $P=0.03$ ). Para la interacción cepa-sustrato en la CP-753 con rastrojo de frijol mostró los mejores valores con 12.67 cm, mientras que la CP-50-rastrojo de maíz consiguió promedios de 6.50 cm en longitud total de los hongos ( $F_{5, 24}=11.89$ ,  $P=0.000007$ ) (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Caracterización de 2 cepas de *Pleurotus ostreatus* en condiciones de campo.

Efecto	Factor	PH (g)	DP (cm)	LE (cm)	LTH (cm)
Cepa	CP-50	6.12 <sup>b</sup>	5.44 <sup>b</sup>	3.47 <sup>a</sup>	7.37 <sup>b</sup>
	CP-753	13.09 <sup>a</sup>	8.56 <sup>a</sup>	4.93 <sup>b</sup>	10.56 <sup>a</sup>
Sustrato	RM	8.36 <sup>b</sup>	6.11 <sup>b</sup>	4.04 <sup>b</sup>	8.14 <sup>b</sup>
	RF	12.21 <sup>a</sup>	8.09 <sup>a</sup>	4.74 <sup>a</sup>	10.51 <sup>a</sup>
	CL	8.24 <sup>b</sup>	6.80 <sup>ab</sup>	3.83 <sup>b</sup>	8.24 <sup>b</sup>
Cepa- Sustrato	CP-50-RM	5.38 <sup>d</sup>	4.84 <sup>b</sup>	3.60 <sup>cd</sup>	6.50 <sup>c</sup>
	CP-50-RF	6.64 <sup>cd</sup>	5.64 <sup>bc</sup>	4.07 <sup>bc</sup>	8.35 <sup>bc</sup>
	CP-50-CL	6.34 <sup>d</sup>	5.84 <sup>bc</sup>	2.76 <sup>d</sup>	7.27 <sup>bc</sup>
	CP-753-RM	11.35 <sup>b</sup>	7.37 <sup>c</sup>	4.48 <sup>abc</sup>	9.79 <sup>b</sup>
	CP-753-RF	17.78 <sup>a</sup>	10.55 <sup>a</sup>	5.42 <sup>a</sup>	12.67 <sup>a</sup>
	CP-753-CL	10.15 <sup>bc</sup>	7.76 <sup>c</sup>	4.90 <sup>ab</sup>	9.21 <sup>bc</sup>

PH= Peso fresco del hongo. DP= Diámetro del píleo. DE= Diámetro del estípite. LE= Longitud del estípite. LTH= Longitud total del hongo. NR: No registrada. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa Tukey ( $p < 0.05$ ).

## **2.4. CONCLUSIONES**

Es factible establecer módulos rústicos de producción de *P. ostreatus* en zonas rurales del Estado de Campeche utilizando como sustratos residuos agrícolas locales. El rastrojo de maíz presentó las mejores eficiencias en las variables de producción y calidad de los hongos. La cascarilla de huaxin presentó un pobre comportamiento como sustrato lo cual puede deberse a la presencia de compuestos secundarios que afectan el desarrollo del micelio. La cepa CP-753 presentó los mejores resultados en las variables de producción y caracterización de los hongos, sin embargo, es importante evaluar diferentes cepas de *Pleurotus ostreatus* para su comparación y selección de las cepas que aporten mayores rendimientos en el medio rural. También es necesario mejorar los protocolos de pasteurización de los residuos vegetales a fin de disminuir la presencia de componentes secundarios en residuos forestales que afectan el desarrollo del micelio en el sustrato.

## **2.5. AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado del estudiante, al Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, al Laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla y a los productores participantes de las zonas rurales de Campeche, México. Este estudio forma parte del proyecto Cátedras-Conacyt 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales del Estado de Campeche”.

## 2.6. LITERATURA CITADA

- Alejo, C; Martínez, G; León, A. 2015. Eficiencia biológica de *Pleurotus* sp nativo de Oaxaca (ITAO-27) sobre rastrojos de frijol, maíz y olote. *Revista de Agroecosistemas* 2(2): 99-106.
- Ancona, L; Cetz, G; Belmar, R; Sandoval, C. 2007. Cultivo de *Pleurotus djamor* y *P. ostreatus* en Yucatán. *In: Sánchez, E; Martínez-Carrera, D; Mata, G; Leal, H (Eds.). El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México. Chiapas, México. ECOSUR. p. 131-141.*
- Bernabé, T; Cayetano, M; Adán, A; Torres, M. 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Micología* 18(7):77–80.
- CONEVAL, 2012. Informe de pobreza y evaluación en el estado de Campeche, 2012 (en línea). México D.F., México. Consultado en agosto de 2016. <http://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Campeche/principales/04informe2012.pdf>.
- Chang, T; Miles, G. 2004. *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, Environmental Impact*. CRC Press, Boca Raton. 451 pp.
- Gaitán, R; Silva, H. 2016. Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Micología* 43(6): 43-47.
- Guzmán, G; Mata, G; Salmones, D; Soto, C; Guzmán, L. 1993. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. IPM. México D.F., 258 p.
- Hernández, R; López, C. 2006. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Tesis de Lic. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia. 70 p.
- López, E; Ancona, L; Medina, S. 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología* 21(12): 93-97.
- Macías, R; González, R; López, A; García, P; Ruiz, J; Zamora, F; Salcedo, E. 2006. Perspectivas de producción de hongos comestibles (*Pleurotus* spp.) en la región nordeste del estado de Nuevo León. *Scientia-CUCBA* 8: 163-169.
- Mata, G; Gaitán, R; Salmones D. 2016. La investigación en micología básica y aplicada: aportes para un desarrollo sustentable. *In: Martínez-Carrera, D; Ramírez, J (Eds.). Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México. San Luis Huexotla, Texcoco, México, Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP. pp. 695-719.*
- Martínez-Carrera, D; Curvetto, N; Sobal, M; Morales, P; Mora, M. 2010. Implementación de la tecnología de producción de hongos comestibles y medicinales en desechos agroindustriales, como apoyo socioeconómico familiar

- en dos comunidades rurales y urbanas del Departamento de Córdoba, Colombia. *In*: Martínez-Carrera, D; Curvetto, N; Sobal, M; Morales, P; Mora, M (Eds.). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMCUAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. México. p. 407-424.
- Morán, T; Sobal, M; Bautista, J; Candelaria, B. 2016. Potencial biotecnológico de los residuos agrícolas y forestales de solares familiares de zonas rurales de Campeche, México. *Revista Agronomía Costarricense*. En prensa.
- Morgado, A. 2011. Caracterización y selección de genotipos de cepas comerciales de "setas" (*Pleurotus*), como acción estratégica para la producción rural en Cuyoaco, Puebla. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México. 135 p.
- PMCC, 2010. Plan Municipal de Contingencia de Champotón 2010 (en línea). Champotón, Campeche, México. Consultado en noviembre 2016. <http://www.transparencia.champoton.gob.mx/pdf/Plan%20Contingencias/CONTINGENCIAS%202010.pdf>.
- Reyes, G; Abella, A; Eguchi, F; Iijima, T; Higaki, M; Quimio, T. 2004. Growing paddy straw mushroom. *In*: Mushroom grower's handbook 1; Oyster mushroom cultivation. Corea. Mushroom World. p. 262-269.
- Romero, O; Conrado, L; Hernández, I; Márquez, M; Amaro, J. 2013. Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Agronegocios XVII (7)*: 472-481.
- Romero, O; Huerta, M; Damian, M; Macías, A; Tapia, A; Parraguirre, J; Juárez, J. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L. cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense 34(1)*:53-63
- Salmones, D; Gaitán, R; Pérez, R; Guzmán, G. 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología 14*:173-176.
- SIAP-SAGARPA, 2015. Cierre de la producción agrícola por estado (en línea). México D.F. México, Consultado en mayo de 2016. Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx>>.

## CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis 1. No se encontraron elementos suficientes para rechazar la hipótesis que los principales residuos agrícolas del Estado de Campeche presentan las características óptimas para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* debido a que tres de los sustratos usados presentaron potencial para producir setas de mediana a buena calidad.

Hipótesis 2. No se encontraron elementos suficientes para rechazar la hipótesis que las características del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* presentan diferencias físicas, cuando son producidos en los principales residuos agrícolas del Estado de Campeche debido a que las el tamaño, peso, diámetro del píleo y estípite de los hongo fueron mejores en los sustratos de rastrojo de frijol X pelón (*Vigna unguiculata* L.), maíz (*Zea mays* L.) y cascarilla de huaxin (*Leucaena leucocephala* Lam) en comparación con pulpa de chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) y fruto de pixoi (*Guazuma ulmifolia* Lam.).

Hipótesis 3: No se encontraron elementos suficientes para rechazar la hipótesis que es posible diseñar y validar un modelo para producir alimentos en zonas rurales del Estado de Campeche utilizando como elementos estratégicos al hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (setas) y los residuos agrícolas provenientes de la actividad agrícola del Estado de Campeche debido a que en el módulo rustico construido y con al menos tres de los sustratos utilizados se obtuvieron rendimientos de hongo similares a los reportados en módulos rústicos y comerciales en otras latitudes del trópico y con características físicas adecuadas para el mercado.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

### Conclusiones

Dos de los tres residuos de los cultivos más ampliamente difundido en el estado de Campeche presentaron potencial para ser usados como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

El rastrojo de frijol X-pelón presentó las mejores características físicas (longitud total del hongo, diámetro del estípote y píleo, longitud del estípote y peso de los hongos).

Los rastrojos de frijol X-pelón y maíz representan una opción viable para la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus*, en condiciones de campo en áreas rurales.

Los mejores resultados y eficiencias biológicas se obtuvieron con la cepa CP-753 (*Pleurotus ostreatus*) utilizada en ambas condiciones (laboratorio y campo).

Es posible establecer un módulo rústico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) y representa una opción económica y eficiente para la generación de alimentos de buena calidad a partir de residuos agrícolas locales disponibles en zonas rurales del Estado de Campeche.

### Recomendaciones

De acuerdo a los resultados del presente trabajo se recomienda:

Realizar una evaluación de diferentes cepas y residuos vegetales inoculados en condiciones de laboratorio a fin de seleccionar las mejores opciones para implementarlas en condiciones de campo.

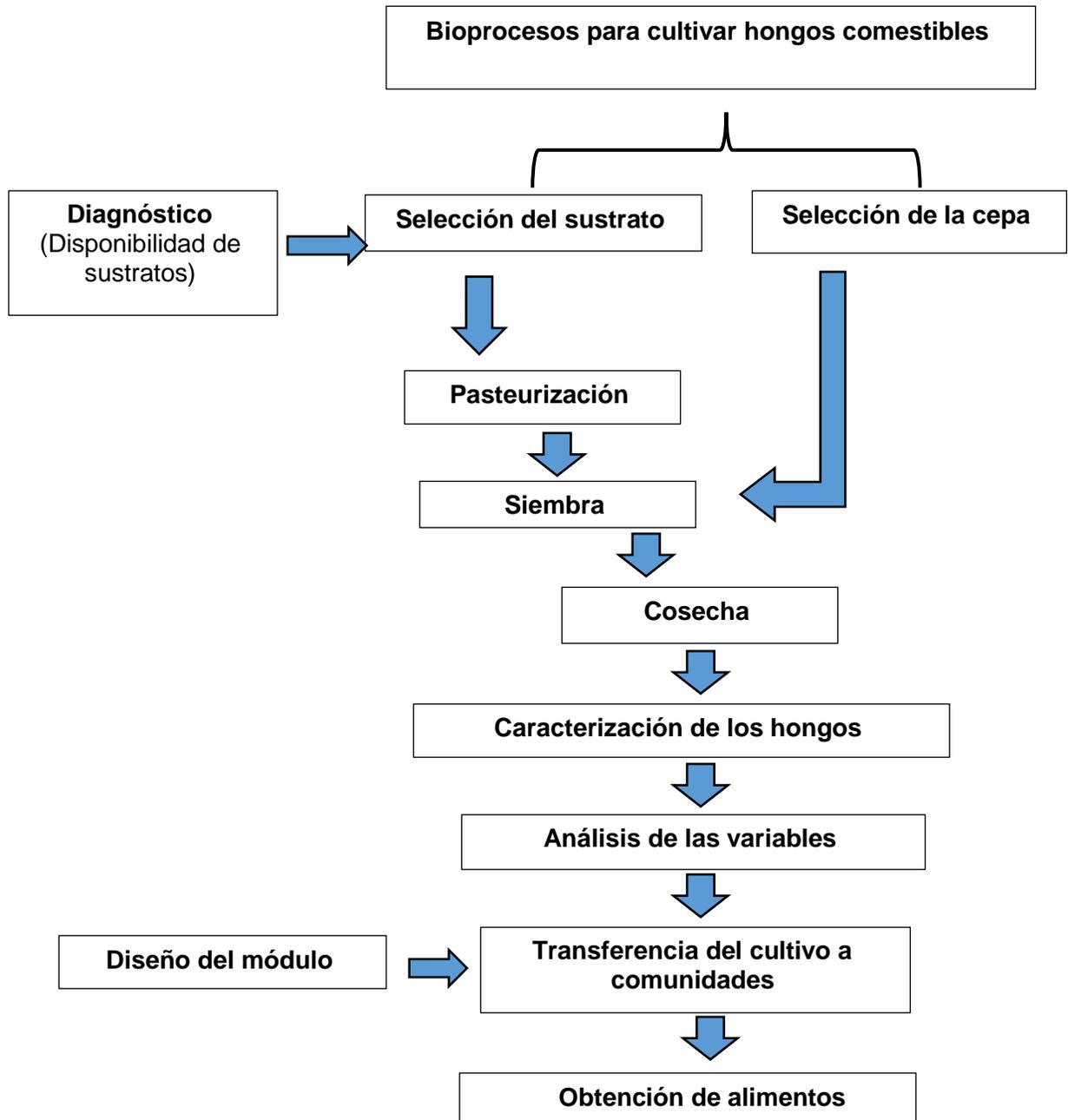
Debido a que el protocolo utilizado para esterilizar la pulpa de chihua no fue el adecuado para inocularla con *Pleurotus ostreatus*, se recomienda adecuar el protocolo de esterilización probando con el incremento del tiempo de exposición al calor y usando tratamientos a base de vapor de agua.

Es importante realizar la divulgación en las diferentes dependencias e instituciones gubernamentales y no gubernamentales sobre el consumo de los hongos, así como sus impactos ecológicos, económicos y sociales que se generan para beneficio de las familias como una alternativa productiva novedosa.

Que en las comunidades participantes de Microrregión de Atención Prioritaria (MAP) del Colegio de Postgraduados Campus Campeche y en otras comunidades, se implemente el cultivo de hongos comestibles de manera rústica como actividades productivas, aprovechando los residuos vegetales de los sistemas agrícolas campesinos y el interés de los pequeños productores en probar nuevas actividades productiva.

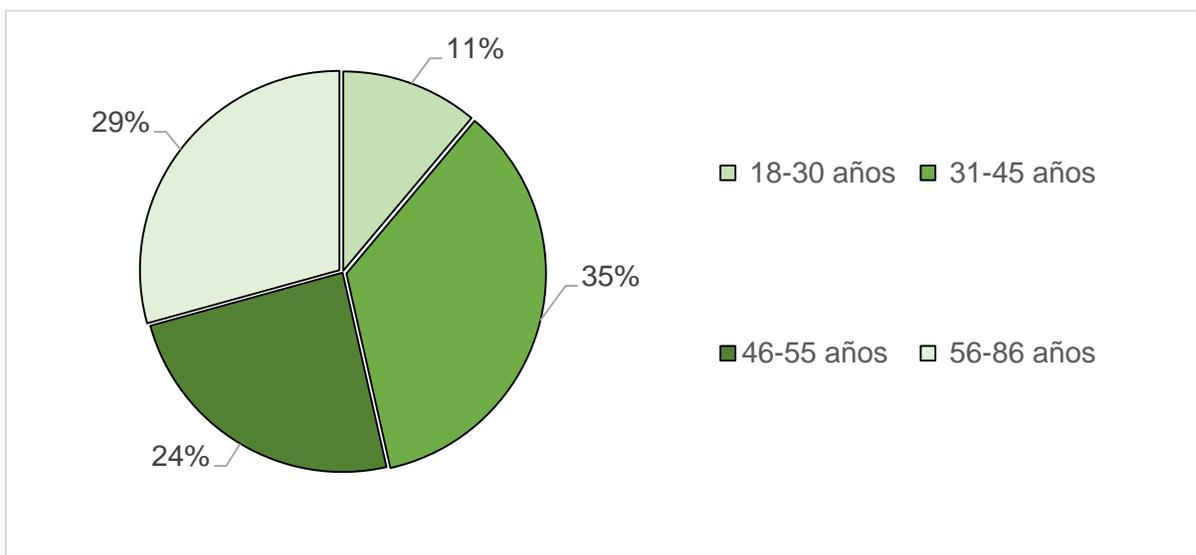
## ANEXOS

### Anexo A

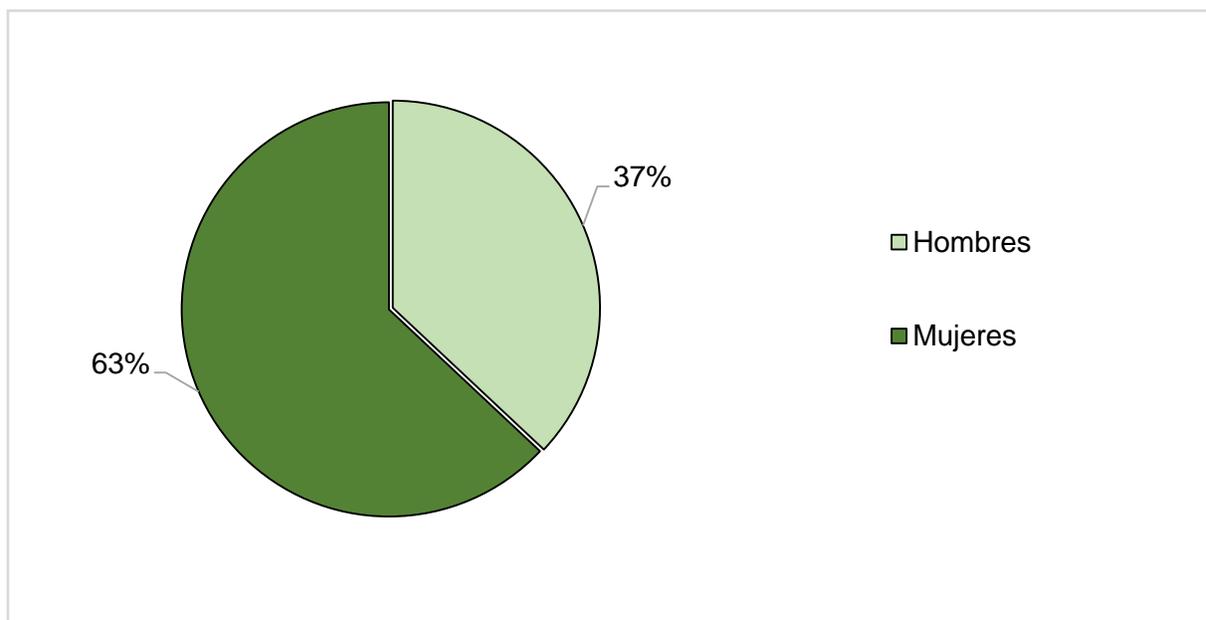


**Figura 8.** Diagrama que muestra la metodología utilizada en la presente investigación.

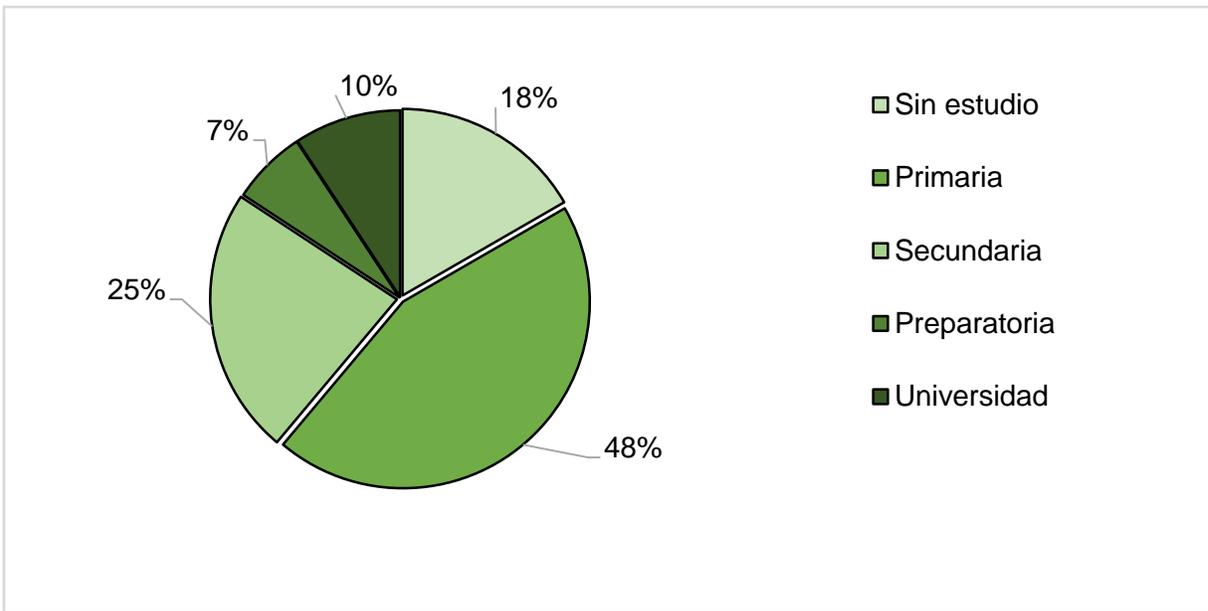
## Anexo B



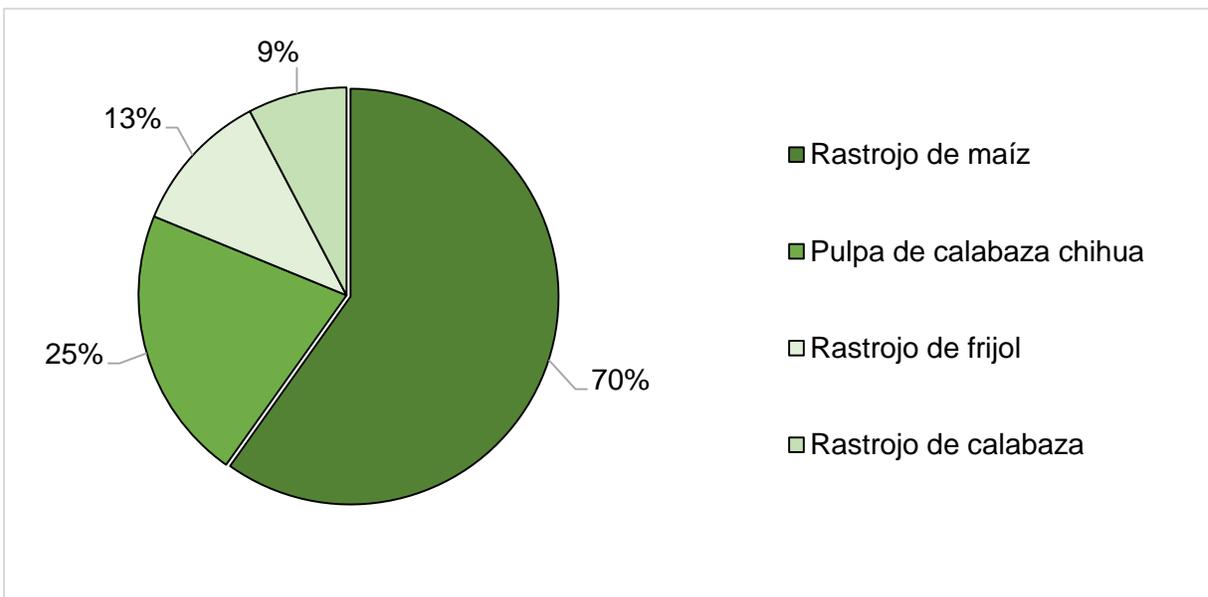
**Figura 9.** Rangos de edad de las personas entrevistadas en diferentes localidades del Estado de Campeche.



**Figura 10.** Género de las personas entrevistadas en diferentes localidades del Estado de Campeche.

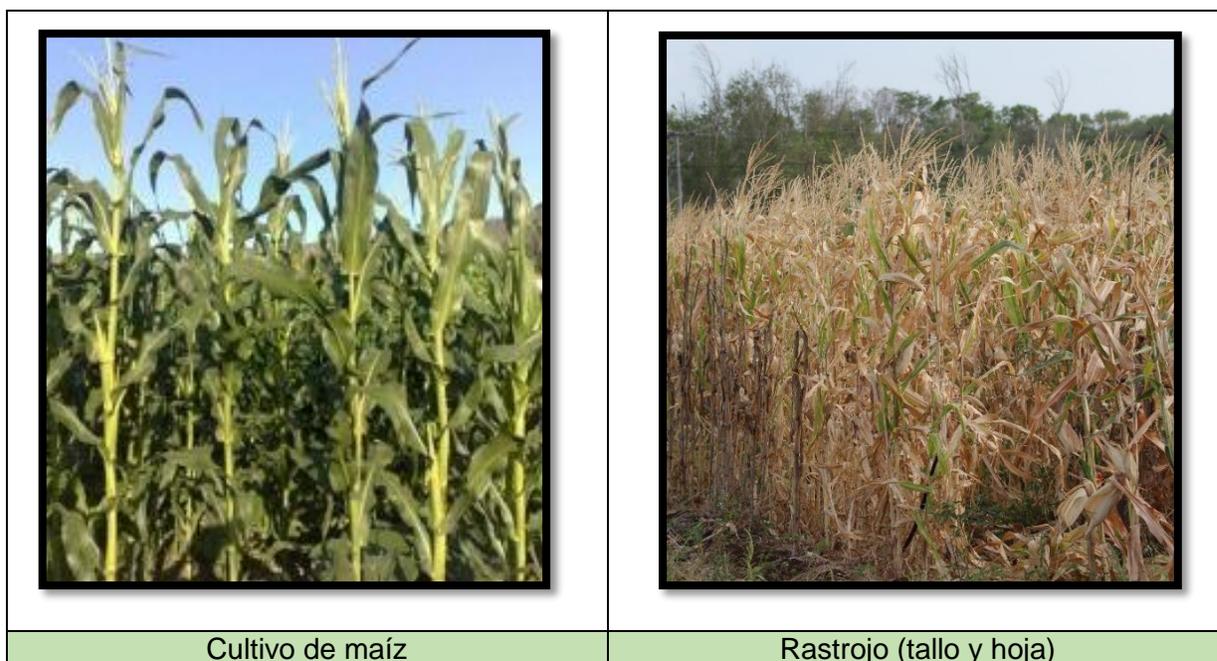


**Figura 11.** Escolaridad de las personas entrevistadas en diferentes localidades del Estado de Campeche.

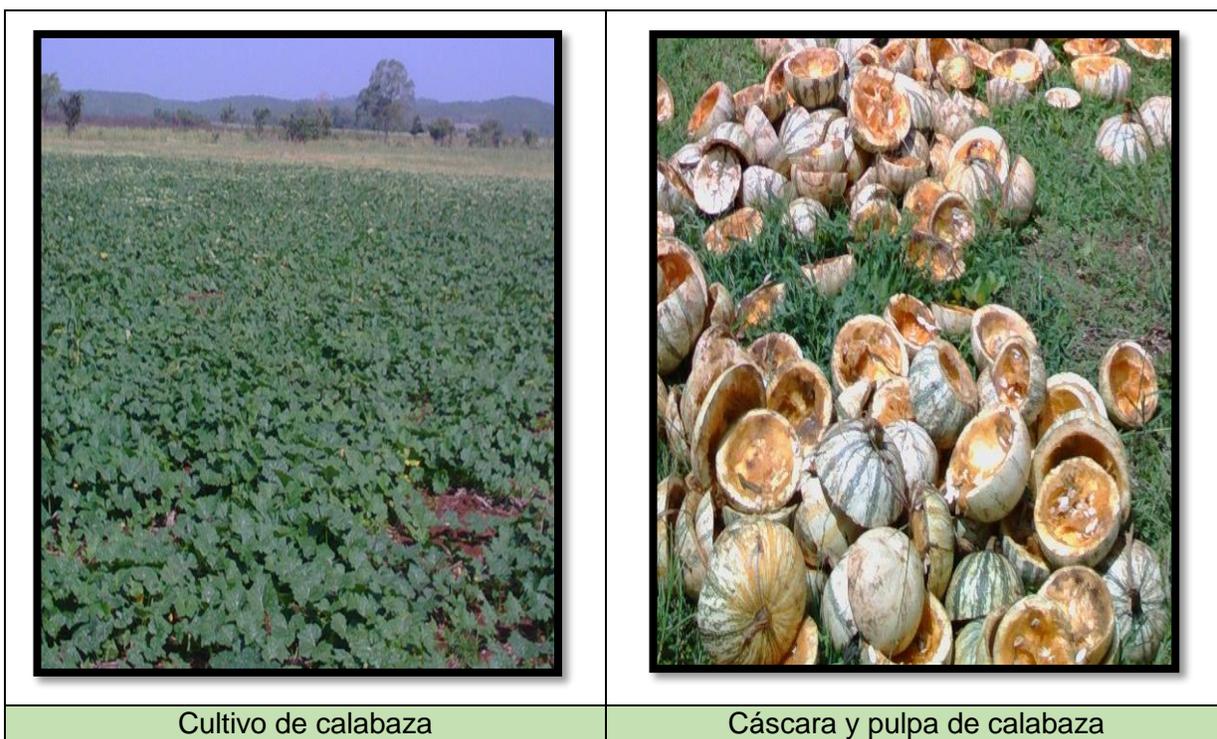


**Figura 12.** Residuos agrícolas que se generan en las localidades rurales de Campeche y que reportaron las personas entrevistadas.

## Anexo C



**Figura 13.** Características del cultivo de maíz (*Zea mays*) en la zona de estudio.



**Figura 14.** Características del cultivo de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en la zona de estudio.



Cultivo de frijol



Rastrojo (cascarilla, tallo y hoja)

**Figura 15.** Características del cultivo de frijol X-pelón (*Vigna unguiculata*) en la zona de estudio.



Árbol de pixoi



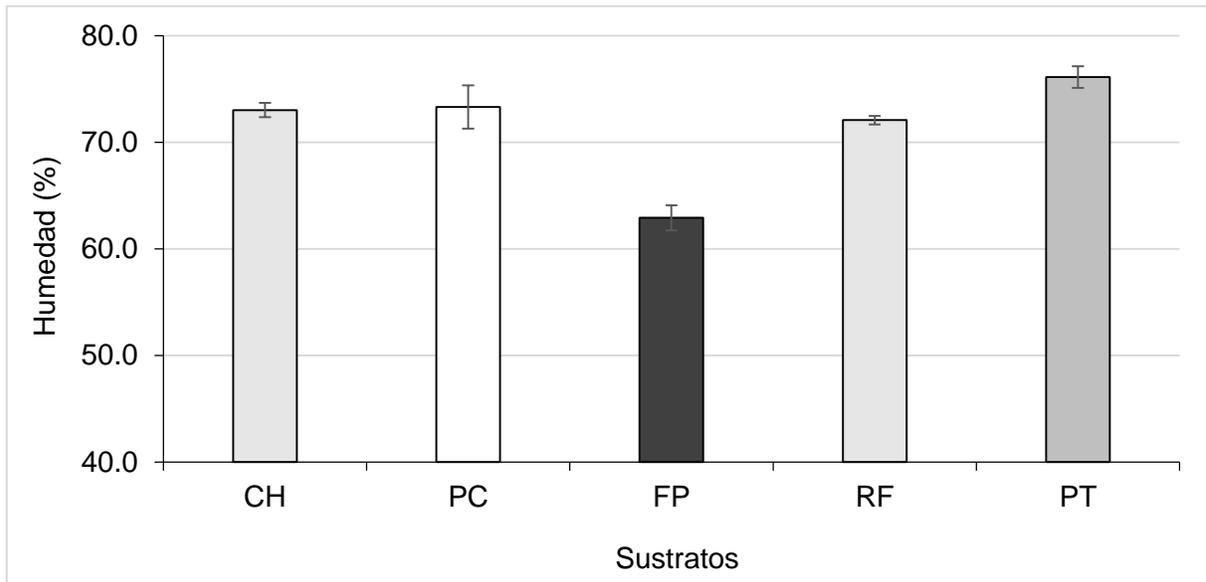
Fruto de pixoi

**Figura 16.** Características del árbol de pixoi (*Guazuma ulmifolia* Lam.) en la zona de estudio.

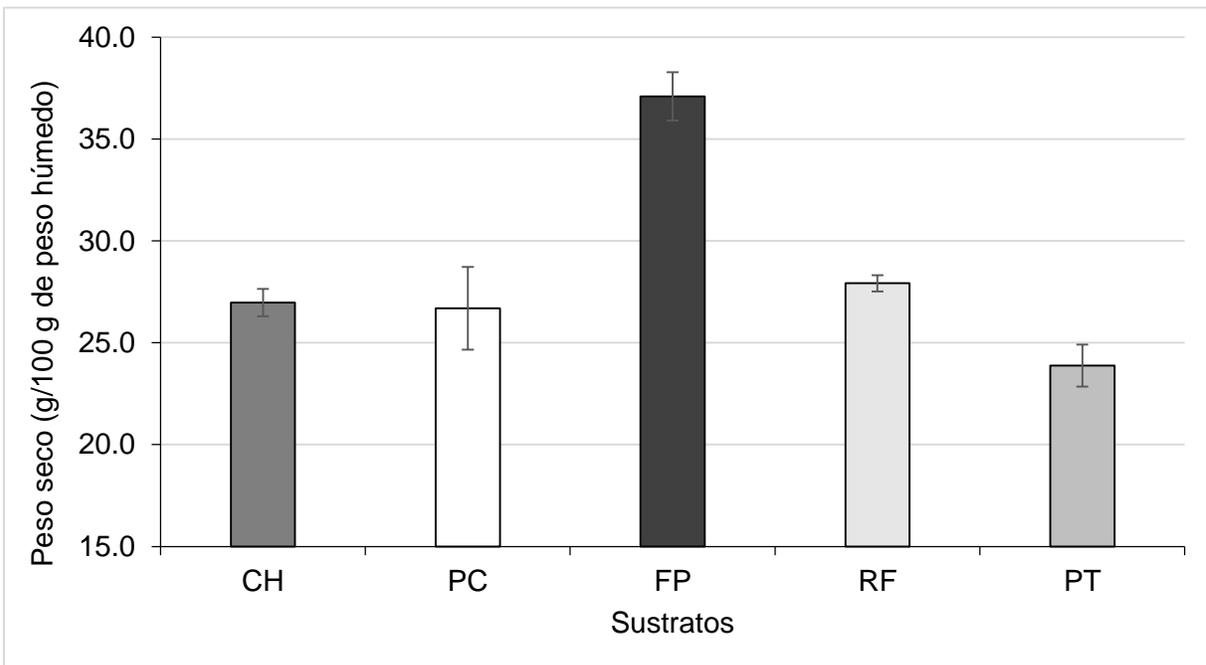


**Figura 17.** Características de la planta de huaxin (*Leucaena leucocephala* Lam.) en la zona de estudio.

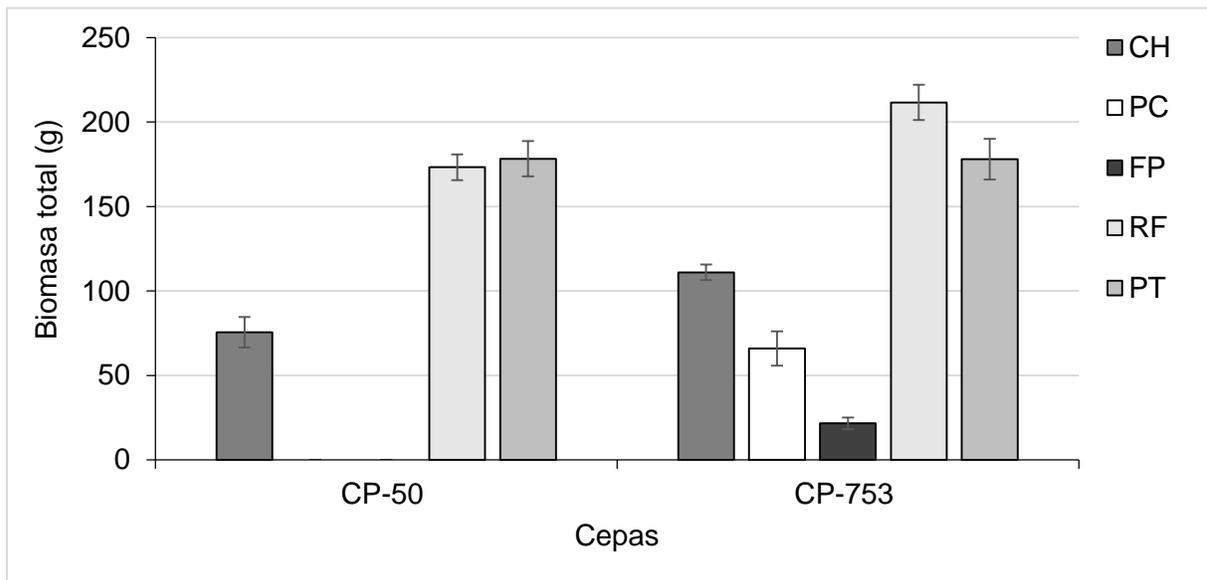
## Anexo D



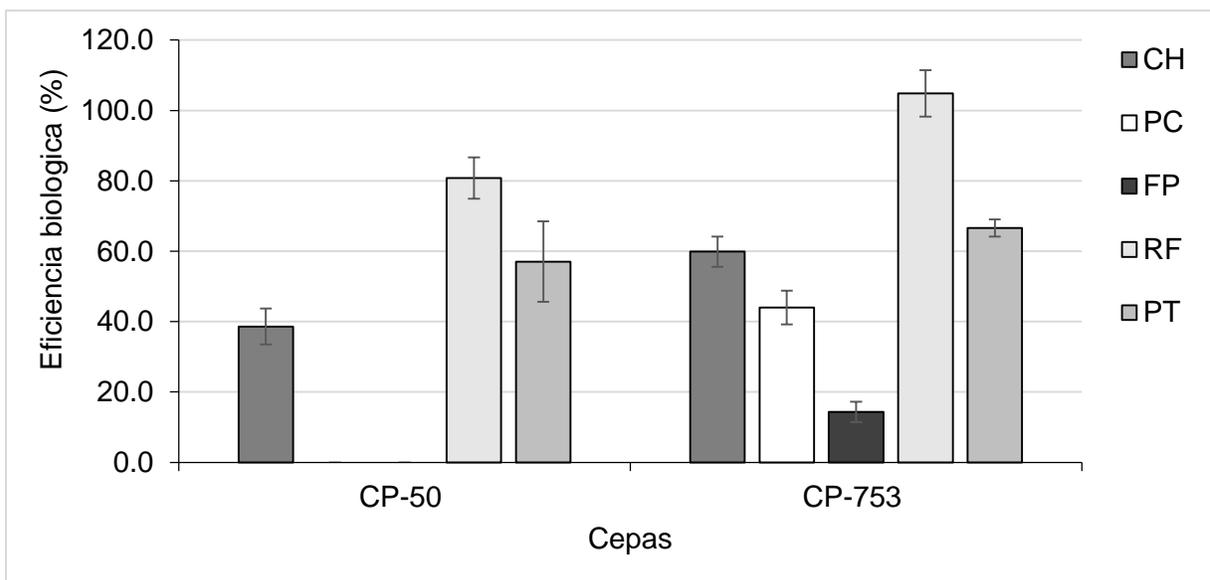
**Figura 18.** Humedad inicial (%) de los diferentes sustratos utilizados para cultivar dos cepas de *Pleurotus ostreatus*, en condiciones de laboratorio. CH=Cascarilla de huaxin. PC=Pulpa de calabaza. FP= Fruta de pixoi. RF= Rastrojo de frijol. PT= Paja de trigo.



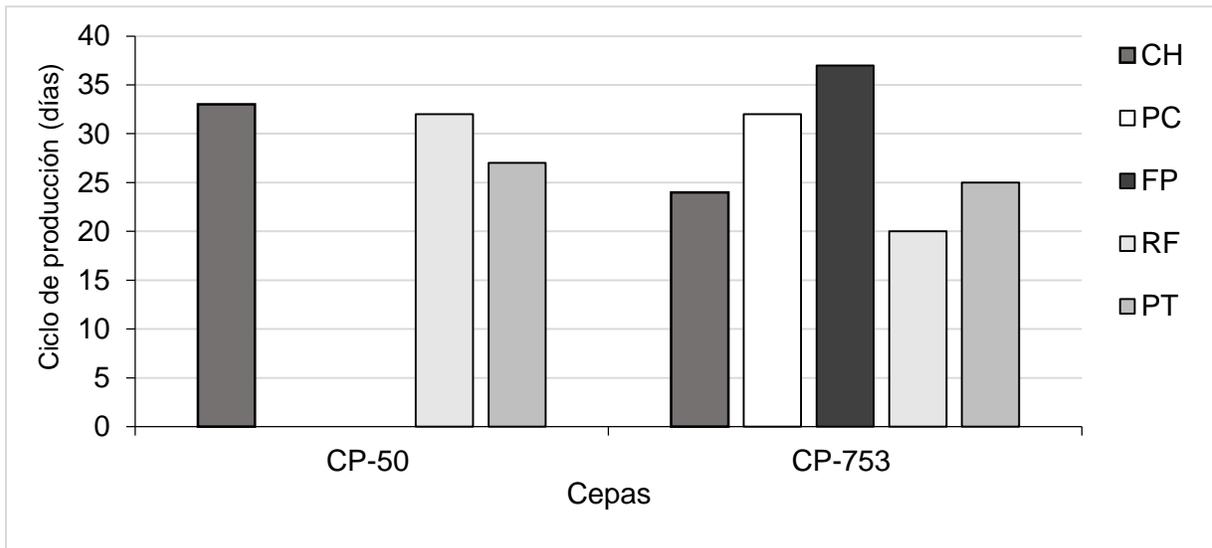
**Figura 19.** Peso seco inicial (g) en diferentes sustratos para cultivar dos cepas de *Pleurotus ostreatus*, en condiciones de laboratorio. CH=Cascarilla de huaxin. PC=Pulpa de calabaza. FP= Fruta de pixoi. RF= Rastrojo de frijol. PT= Paja de trigo.



**Figura 20.** Biomasa fresca total (g) de los basidiocarpos cosechados en un ciclo de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de laboratorio. CH=Cascaquilla de huaxin. PC=Pulpa de calabaza. FP= Fruta de pixoi. RF= Rastrojo de frijol. PT= Paja de trigo.

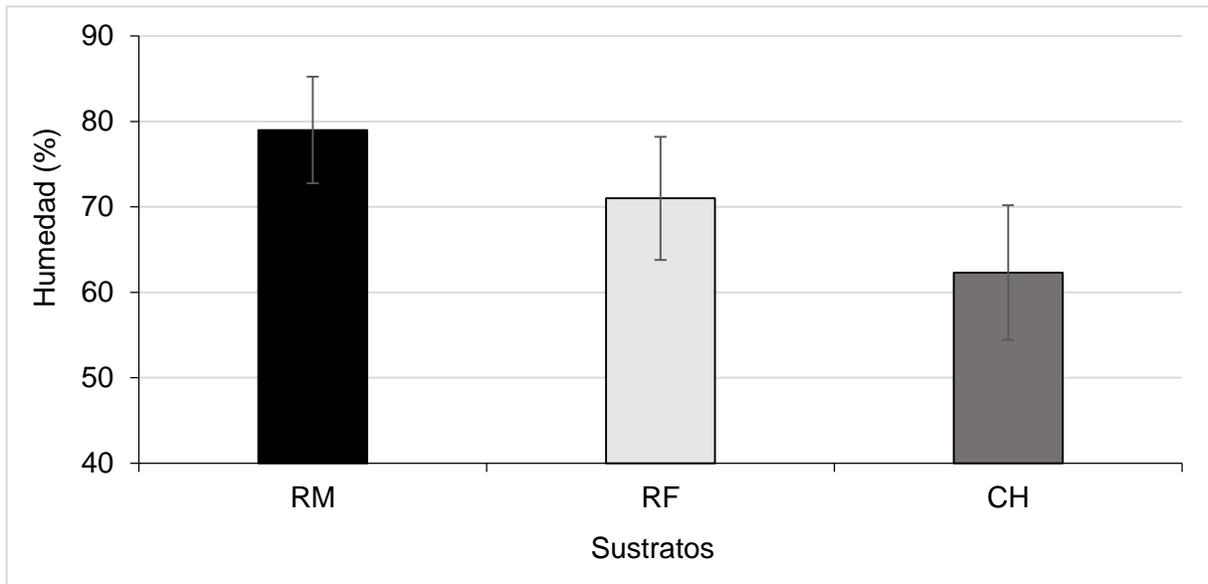


**Figura 21.** Eficiencia biológica final (%) de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de laboratorio. CH=Cascaquilla de huaxin. PC=Pulpa de calabaza. FP= Fruta de pixoi. RF= Rastrojo de frijol. PT= Paja de trigo.

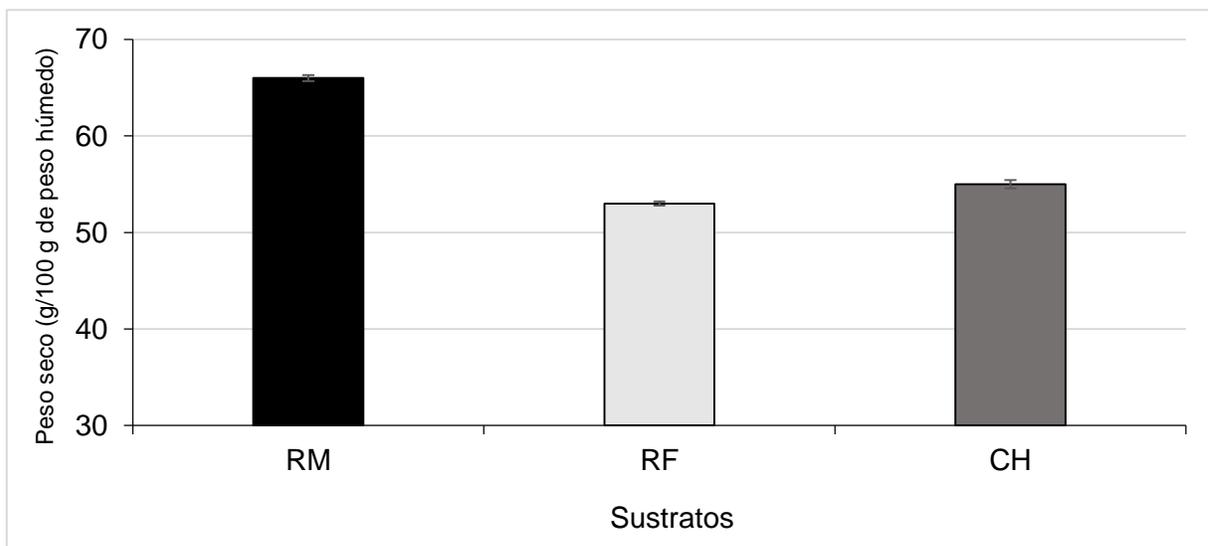


**Figura 22.** Ciclo de producción (días) de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de laboratorio. CH=Cascarilla de huaxin. PC=Pulpa de calabaza. FP= Fruta de pixoi. RF= Rastrojo de frijol. PT= Paja de trigo.

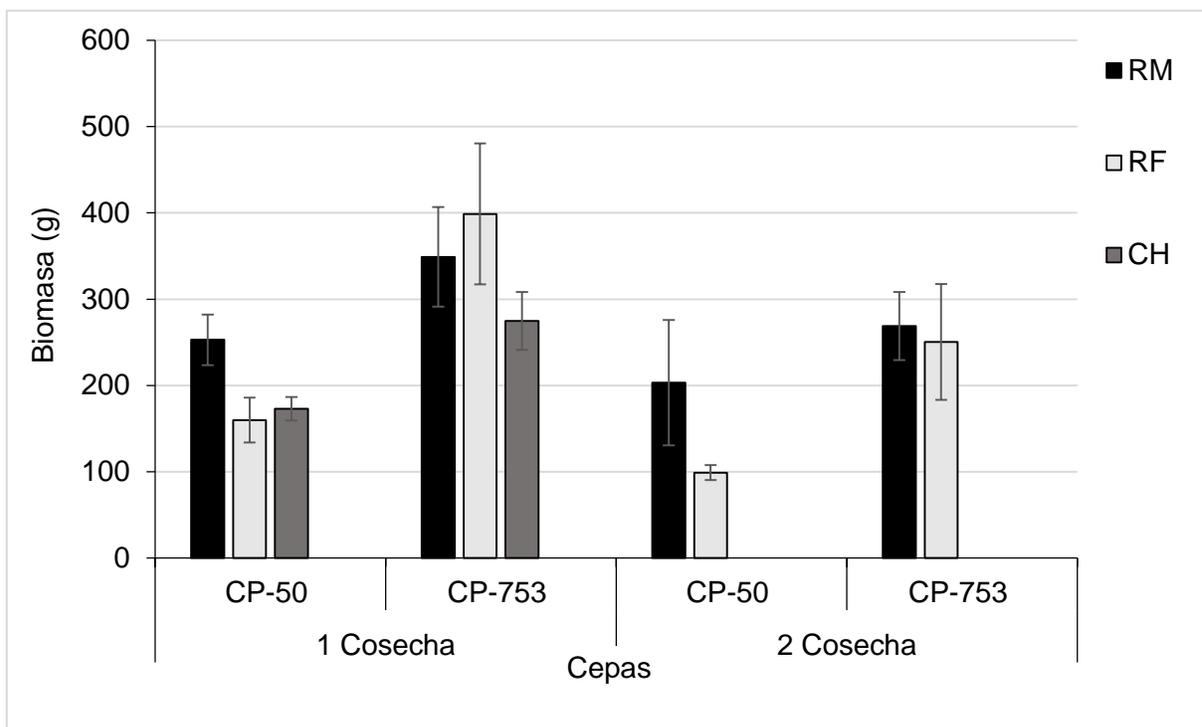
## Anexo E



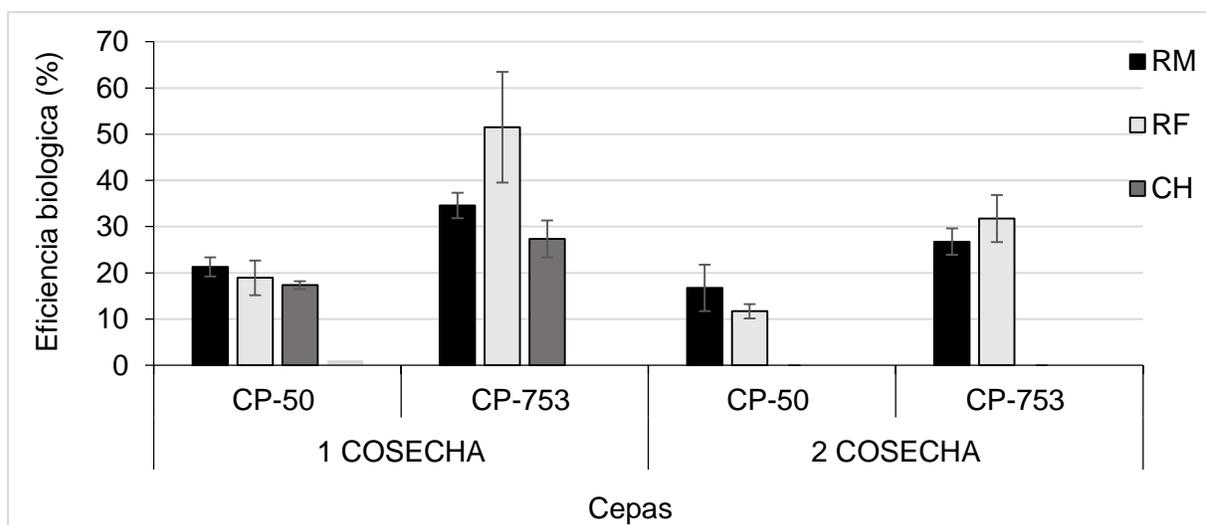
**Figura 23.** Humedad inicial (%) de los diferentes sustratos utilizados para cultivar dos cepas de *Pleurotus ostreatus*, en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.



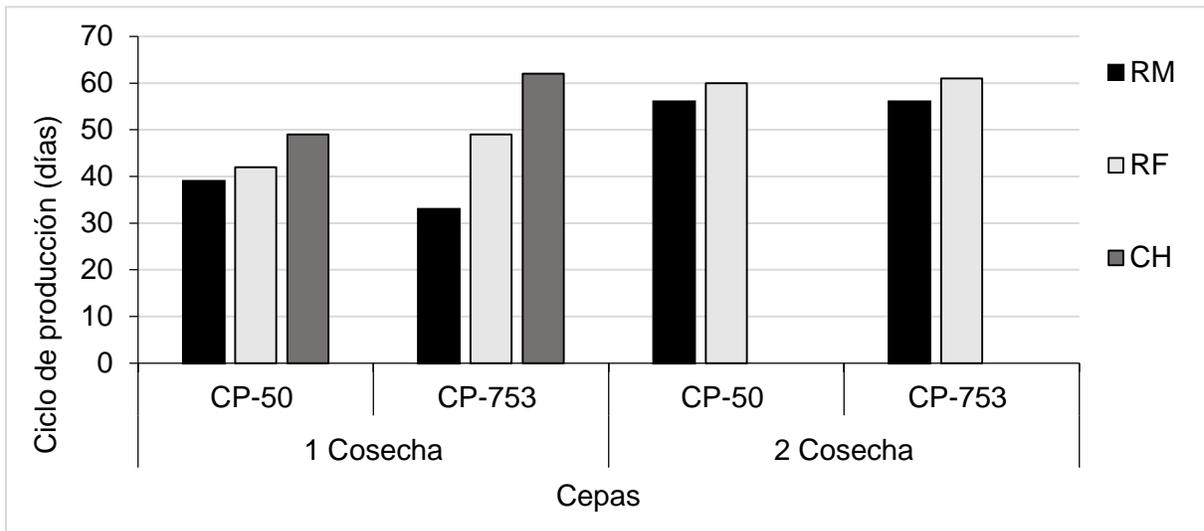
**Figura 24.** Peso seco inicial (g) en diferentes sustratos para cultivar dos cepas de *Pleurotus ostreatus*, en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.



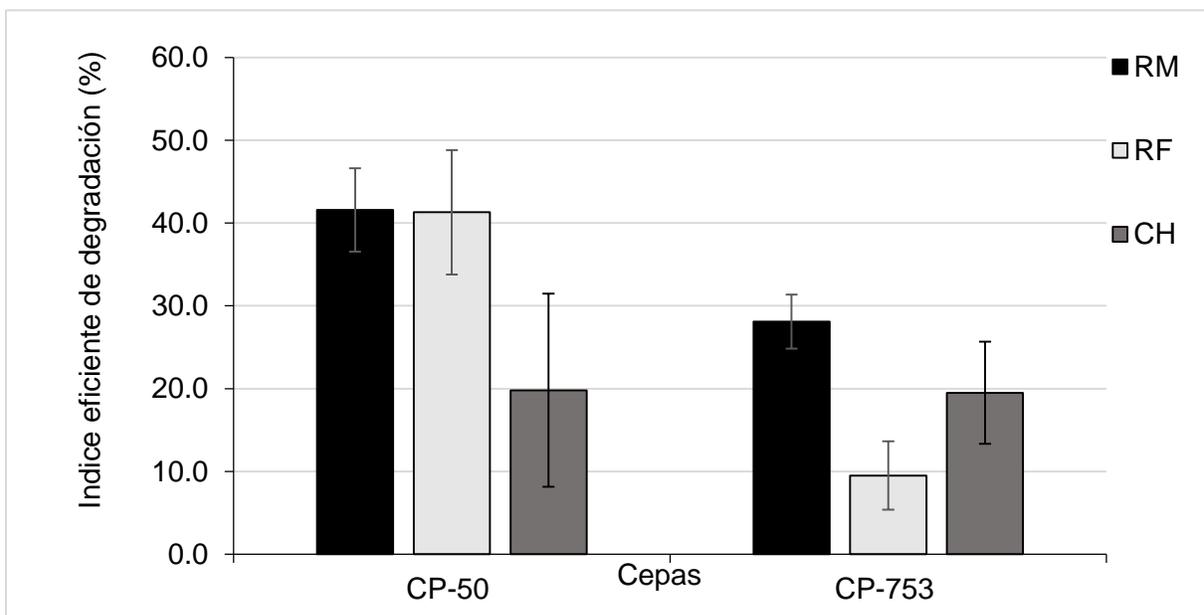
**Figura 25.** Promedio de la biomasa fresca producida (g) de los basidiocarpos cosechados en cada ciclo de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.



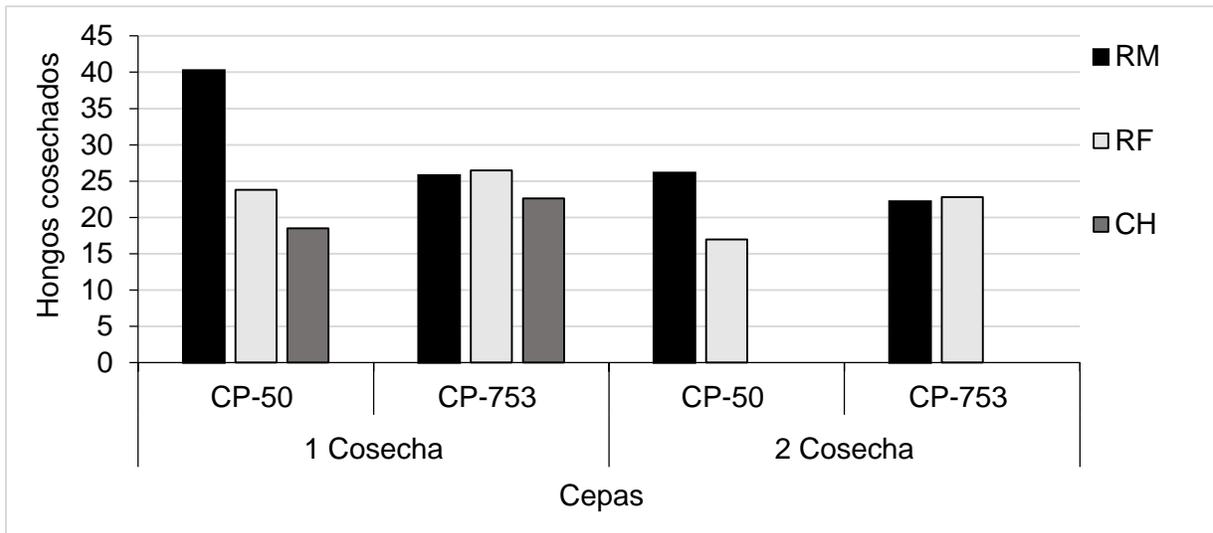
**Figura 26.** Eficiencia biológica (%) de ambos ciclos de producción de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.



**Figura 27.** Ciclo de producción (días) de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.



**Figura 28.** Índice eficiente de degradación (%) de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.



**Figura 29.** Número de hongos producidos por UP en cada cosecha de las cepas CP-50 y CP-753 de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en condiciones de campo. RM= Rastrojo de maíz. RF= Rastrojo de frijol. CH= Cascarilla de huaxin.

## Anexo F

Cultivo de la cepa CP-50 de <i>Pleurotus ostreatus</i> en rastrojo de maíz.	
	
<p>Peso= 5.39 g</p> <p>Diámetro del píleo= 4.8 cm</p> <p>Diámetro del estípite= 0.4cm</p> <p>Longitud del estípite= 3.6 cm</p> <p>Longitud total= 6.5 cm</p>	<p>Número de hongos= 66</p> <p>Biomasa fresca= 456 g</p> <p>Eficiencia biológica= 40%</p>
Cultivo de la cepa CP-753 de <i>Pleurotus ostreatus</i> en rastrojo de maíz.	
	
<p>Peso= 11.35 g</p> <p>Diámetro del píleo= 7.3 cm</p> <p>Diámetro del estípite= 0.7 cm</p> <p>Longitud del estípite= 4.4 cm</p> <p>Longitud total= 9.8 cm</p>	<p>Número de hongos= 48</p> <p>Biomasa fresca= 617</p> <p>Eficiencia biológica= 61%</p>

**Figura 30.** Características de las 2 cepas de *Pleurotus ostreatus*, en rastrojo de maíz (Condiciones de campo).

Cultivo de la cepa CP-50 *Pleurotus ostreatus* en rastrojo frijol X-pelón.



Peso= 6.64 g  
 Diámetro del píleo= 5.6 cm  
 Diámetro del estípite= 0.6 cm  
 Longitud del estípite= 4.1 cm  
 Longitud total= 8.3 cm

Número de hongos= 40  
 Biomasa fresca= 258 g  
 Eficiencia biológica= 24%

Cultivo de la cepa CP-753 *Pleurotus ostreatus* en rastrojo frijol X-pelón.



Peso= 17.79 g  
 Diámetro del píleo= 10.5 cm  
 Diámetro del estípite= 1.2 cm  
 Longitud del estípite= 5.4 cm  
 Longitud total= 12.6 cm

Número de hongos= 47  
 Biomasa fresca= 649 g  
 Eficiencia biológica= 75%

**Figura 31.** Características de las 2 cepas de *Pleurotus ostreatus*, cultivadas en rastrojo de frijol (Condiciones de campo).

Cultivo de la cepa CP-50 *Pleurotus ostreatus* en cascarilla de huaxin.



Peso= 6.34 g  
 Diámetro del píleo= 5.8 cm  
 Diámetro del estípote= 0.5 cm  
 Longitud del estípote= 2.7 cm  
 Longitud total= 7.2 cm

Número de hongos= 21  
 Biomasa fresca= 173 g  
 Eficiencia biológica= 21%

Cultivo de la cepa CP-753 *Pleurotus ostreatus* en cascarilla de huaxin.



Peso= 10.15 g  
 Diámetro del píleo= 7.7 cm  
 Diámetro del estípote= 0.7 cm  
 Longitud del estípote= 4.9 cm  
 Longitud total= 9.2 cm

Número de hongos= 26  
 Biomasa fresca= 274 g  
 Eficiencia biológica= 34%

**Figura 32.** Caracterización de las 2 cepas de *Pleurotus ostreatus*, en cascarilla de huaxin (condiciones de campo).