



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

ANÁLISIS DE LAS BUENAS PRÁCTICAS EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES, FUNCIONALES Y MEDICINALES EN LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

JUAN ANTONIO MARTÍNEZ BARCENA

T E S I S

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

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2019



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

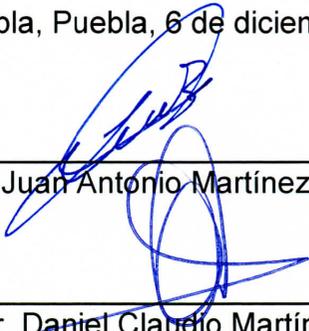
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

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

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Juan Antonio Martínez Bárcena**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Daniel Claudio Martínez Carrera**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Análisis de las buenas prácticas en la producción de hongos comestibles, funcionales y medicinales en la región central de México**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 6 de diciembre de 2019.



Juan Antonio Martínez Bárcena

Dr. Daniel Claudio Martínez Carrera
Vo. Bo. Profesor Consejero y Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **Análisis de las buenas prácticas en la producción de hongos comestibles, funcionales y medicinales en la región central de México**, realizada por el alumno: **Juan Antonio Martínez Bárcena**, 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

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


DR. DANIEL CLAUDIO MARTÍNEZ CARRERA

ASESOR:


DR. PORFIRIO MORALES ALMORA

ASESORA:


DRA. MERCEDES SOBAL CRUZ

ASESOR:


DR. ISAAC TELLO SALGADO

Puebla, Puebla, México, 5 de diciembre de 2019

ANÁLISIS DE LAS BUENAS PRÁCTICAS EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES, FUNCIONALES Y MEDICINALES EN LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO

Juan Antonio Martínez Bárcena, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

La zona central de México tiene una larga tradición en el cultivo de hongos comestibles desde 1933, sin embargo, no existen estudios a profundidad sobre las buenas prácticas que realizan los productores de hongos comestibles, lo cual es importante para asegurar la inocuidad del producto que llega a los consumidores finales. En el presente trabajo se determinó la situación actual de la producción de hongos comestibles en la región central de México, con base en las buenas prácticas y la calidad comercial del producto. Se realizó un diagnóstico sobre las buenas prácticas a través de cuestionarios estructurados en 3 secciones a 10 productores de la región central del país. Las encuestas se evaluaron con base en 3 niveles de riesgo (escala 1-100). También se realizó un diagnóstico (físico, físico-químico y microbiológico) sobre la calidad comercial de los hongos frescos. Se propusieron Puntos Críticos de Control (PCC) con base en las deficiencias encontradas. De los diez productores encuestados, solamente el 30 % fueron clasificados con buenas prácticas de producción (75-100 puntos). El resto se calificó con 60 puntos en la sección de obtención de basidiocarpos. Se registró un rango de unidades formadoras de colonias (UFC) de mesófilos aerobios en *Pleurotus* y *Agaricus* de 0.1×10^6 - 52.75×10^6 UFC/g. Para mohos y levaduras, el rango fue de 0.0 - 6.53×10^6 UFC/g. Estos datos demostraron una calidad aceptable de los productos analizados de acuerdo a ciertas legislaciones, pero con alto nivel de variabilidad. Los Puntos Críticos de Control planteados fueron la recepción de materia prima (semilla, substrato y suplementos), la siembra, la obtención de basidiocarpos, la cosecha y la postcosecha. Se encontraron prácticas deficientes en la producción comercial de hongos comestibles de la zona centro del país. Las características físicas de las muestras estudiadas fueron aceptables.

Palabras Clave: Basidiocarpos, análisis microbiológico, análisis comercial, inocuidad.

ANALYSIS OF GOOD PRACTICES IN THE PRODUCTION OF EDIBLE, FUNCTIONAL AND MEDICINAL MUSHROOMS IN THE CENTRAL REGION OF MEXICO

Juan Antonio Martínez Bárcena, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

The central area of Mexico has a long tradition in the cultivation of edible mushrooms since 1933, however, there are no in-depth studies on the good practices carried out by edible mushroom producers, which is important to ensure the safety of the product that arrives to customers. In the present work, the current situation of edible mushroom production in the central region of Mexico was determined, based on good practices and the commercial quality of the product. A diagnosis was made on good practices through structured questionnaires in 3 sections to 10 producers in the central region of the country. Surveys were evaluated based on 3 levels of risk (scale 1-100). A diagnosis was also made (physical, physical-chemical and microbiological) on the commercial quality of fresh mushroom. Critical Control Points (CCP) were proposed based on the deficiencies found. Of the ten producers surveyed, only 30 % were classified with good production practices (75-100 points). The rest had a score of 60 points in the section of obtaining frutybodies. A range of colony forming units (CFU) of aerobic mesophiles in *Pleurotus* and *Agaricus* of 0.1×10^6 - 52.75×10^6 CFU/g was found. For molds and yeasts, the range was 0 - 6.53×10^6 CFU/g. These data demonstrated an acceptable quality of the products analyzed according to certain laws, but with a high level of variability. The Critical Control Points raised were the reception of raw material (spawn, substrate and supplements), inoculation, frutybody getting, harvest and postharvest. Poor practices were found in the commercial production of edible mushrooms in the central area of the country. The physical characteristics of the samples studied were acceptable.

Keywords: Basidiocarps, microbiological analysis, commercial analysis, safety.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que en todo momento me dieron su apoyo, creyendo en mí y aportándome toda clase de herramientas indispensables para lograr este trayecto en mi vida.

A las personas que se cruzaron en mi camino y me ayudaron a creer en este trabajo, obsequiándome la dicha de ser mis amigos.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por darme la oportunidad de desarrollarme académicamente en un postgrado de calidad.

Al Doctor Daniel Claudio Martínez Carrera por apoyarme en todo momento y creer siempre en mí.

A los miembros de mi consejo por otorgarme todo su apoyo y conocimientos siempre que lo necesité.

A todos los integrantes del laboratorio de hongos quienes me brindaron su amistad y apoyo.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Generalidades.....	3
2.2 Biotecnología y desarrollo.....	3
2.3 Cultivo de los hongos.....	4
2.4 Principales hongos comestibles cultivados.....	5
2.5 Consumo de productos frescos.....	5
2.6 Calidad de los alimentos.....	6
2.7 Enfermedades de transmisión alimentaria (ETA).....	6
2.8 Inocuidad de los alimentos y legislaciones	7
2.9 Buenas prácticas y legislaciones.....	8
2.10 Sistemas ARPCC.....	9
III. MARCO DE REFERENCIA.....	10
3.1 Producción de hongos en México.....	10
3.2 Insumos biotecnológicos.....	10
3.3 Fructificación de basidiocarpos.....	11
3.4 Cosecha y postcosecha.....	12
3.5 Buenas prácticas en la producción de hongos comestibles y ventajas para los productores y consumidores.....	13
3.6 Atributos morfológicos.....	14
3.7 Características fisicoquímicas.....	15
3.8 Presencia de microorganismos.....	15
IV. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
V. HIPOTESIS.....	19
VI. OBJETIVOS.....	19
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
7.1 Diagrama general de la metodología.....	20
7.2 Fase de campo.....	21
7.2.1 Zona de estudio.....	21
7.2.2 Condiciones ambientales.	22
7.2.3 Condiciones socioeconómicas.....	23
7.3 Diagnóstico preliminar.....	25
7.3.1 Elaboración del instrumento	25
7.3.2 Recopilación de la información.....	26
7.4 Análisis de las buenas prácticas de producción y manejo.....	26
7.4.1 Cadena de producción.....	26
7.4.2 Elaboración del instrumento.....	27
7.4.3 Recopilación de la información.....	27
7.4.4 Evaluación del instrumento de acuerdo a 3 niveles de riesgo....	28
7.4.5 Análisis de las variables cualitativas.....	28

7.5	Fase de laboratorio.....	29
7.5.1	Descripción morfológica.....	29
7.5.2	Descripción fisicoquímica.....	30
7.5.3	Descripción microbiológica.....	30
7.6	Análisis estadístico.....	30
7.7	Fase de análisis (Estrategia).....	31
7.7.1	Generación de fortalezas y oportunidades por productor.....	31
7.7.2	Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (ARPCC).....	31
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
8.1	Fase de campo.....	33
8.1.1	Diagnóstico preliminar.....	33
8.1.1.1	Características de las plantas de producción.....	33
8.1.1.2	Problemática detectada.....	35
8.1.2	Análisis de Buenas prácticas de la región central de México...	37
8.1.2.1	Análisis general de los insumos biotecnológicos, fructificación de basidiocarpos y la cosecha/postcosecha.....	38
8.1.2.2	Análisis general de la evaluación.....	39
8.1.2.3	Áreas de oportunidad por productor.....	43
8.1.2.4	(Preguntas abiertas) Calidad y manejo de insumos biotecnológicos.....	44
8.2	Fase de laboratorio.....	48
8.2.1	Morfología de los basidiocarpos.....	48
8.2.1.1	Primer muestreo.....	48
8.2.1.2	Segundo muestreo.....	50
8.2.1.3	Tercer muestreo.....	52
8.2.2	Características fisicoquímicas de los hongos frescos.....	54
8.2.2.1	Primer muestreo.....	54
8.2.2.2	Segundo muestreo.....	55
8.2.2.3	Tercer muestreo.....	55
8.2.3	Características microbiológicas.....	58
8.2.3.1	Primer muestreo (Prueba exploratoria).....	58
8.2.3.2	Segundo muestreo (selección de la dilución).....	59
8.2.3.3	Tercer muestreo (Prueba final).....	59
8.3	Estrategia.....	62
8.3.1	Fortalezas y oportunidades de cada productor.....	62
8.3.2	Propuesta de Análisis de Riesgo y Puntos Críticos de Control (ARPCC).....	78
IX.	CONCLUSIONES.....	81
X.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	83
XI.	ESTRATEGIA PARA IMPLEMENTAR LAS BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO POSTCOSECHA DE LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE HONGOS COMESTIBLES DE LA ZONA CENTRA DE MÉXICO.....	84

XII.	LITERATURA CITADA	87
XIII.	ANEXOS.....	97
13.1	Instrumento utilizado para evaluar las buenas prácticas.....	97
13.2	Lineamientos generales de las buenas prácticas de inocuidad en la producción de hongos.....	111

LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Municipios y localidades visitadas durante el recorrido a las plantas productoras de hongos comestibles de la región de Ixtlahuaca, Estado de México.....	22
Cuadro 2.	Características sociodemográficas del área de estudio.....	24
Cuadro 3.	Principales componentes del cuestionario estructurado para el diagnóstico.....	25
Cuadro 4.	Temas y subtemas del cuestionario orientados a las buenas prácticas agrícolas y de inocuidad en relación con la producción de hongos comestibles.....	27
Cuadro 5.	Especies que cultivan las empresas y tiempo que llevan cultivando los productores visitados de hongos comestibles de la región central de México.....	33
Cuadro 6.	Lugar de venta, cantidad de hongos que producen y lugar de compra de semilla.....	34
Cuadro 7.	Proyección de consumo semanal, mensual y anual de semilla de hongos comestibles de los productores visitados.....	35
Cuadro 8.	Buenas y malas prácticas más relevantes en las plantas de producción de la región central del país.....	41
Cuadro 9.	Resultados del análisis comercial (físico) de los hongos analizados (1° muestreo).....	49
Cuadro 10.	Resultados del análisis comercial (físico) de los hongos analizados (2° muestreo).....	51
Cuadro 11.	Resultados del análisis comercial (físico) de los hongos analizados (3° muestreo).....	53
Cuadro 12.	Resultados del análisis de costo por kilogramo, costo por kilogramo seco, pH, humedad y peso seco de los hongos analizados (1° muestreo).....	53
Cuadro 13.	Resultados del análisis de costo por kilogramo, costo por kilogramo seco, pH, humedad y peso seco de los hongos analizados (2° muestreo).....	55
Cuadro 14.	Resultados del análisis de costo por kilogramo, costo por kilogramo seco, pH, humedad y peso seco de los hongos analizados (3° muestreo).....	56
Cuadro 15.	Resultados del análisis microbiológico para mesófilos aerobios y mohos y levaduras de los hongos analizados (10 ⁴) (1° muestreo).....	58
Cuadro 16.	Resultados del análisis microbiológico para mesófilos aerobios y mohos y levaduras de los hongos analizados (10 ⁶) (2° muestreo).....	59

Cuadro 17.	Resultados del análisis microbiológico para mesófilos aerobios y mohos y levaduras de los hongos analizados (10 ⁶) (3° muestreo).....	60
Cuadro 18.	PCC tomados con base en el análisis de los cuestionarios de buenas prácticas. Incluye riesgos, medidas preventivas y acciones correctivas.....	79

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Diagrama general de la metodología.....	20
Figura 2.	Localización del área de estudio en los puntos de visita y la delimitación de los municipios.....	21
Figura 3.	Uso de suelo y vegetación del área de estudio.....	23
Figura 4.	Población económicamente activa de los municipios de estudio.....	24
Figura 5.	Servicios básicos de la vivienda de los municipios de estudio.....	25
Figura 6.	Etapas principales de la cadena de producción de hongos comestibles.....	26
Figura 7.	Diagrama de la fase de laboratorio.....	29
Figura 8.	Diagrama de fase de análisis.....	31
Figura 9.	Calificaciones de los 10 productores ordenados de menor a mayor calificación y su clasificación de acuerdo al nivel de riesgo de inocuidad.....	38
Figura 10.	Calificaciones por sección para las buenas prácticas en la región de estudio.....	39
Figura 11.	Porcentaje de preguntas en relación con las categorías de riesgo.....	40
Figura 12.	Áreas de fortaleza y oportunidad por productor en relación con las 3 secciones evaluadas.....	43
Figura 13.	Imágenes de las prácticas del productor 1.....	63
Figura 14.	Imágenes de las prácticas del productor 2.....	65
Figura 15.	Imágenes de las prácticas del productor 3.....	69
Figura 16.	Imágenes de las prácticas del productor 4.....	71
Figura 17.	Imágenes de las prácticas del productor 7.....	73
Figura 18.	Imágenes de las prácticas del productor 8.....	75
Figura 19.	Imágenes de las prácticas del productor 9.....	76
Figura 20.	Etapas para implementar las buenas prácticas en el manejo postcosecha en las plantas productoras de la región central de México.....	87

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria de los hongos comestibles en México está en pleno apogeo mientras que China con 7.63 millones de toneladas métricas, Italia con 600 mil y Estados Unidos con 423 mil lideran la producción de hongos a nivel mundial (FAO, 2015). Sin embargo, existe una creciente demanda de hongo fresco en el país que ha propiciado que los productores tengan que aumentar los volúmenes actuales de producción, para satisfacer el mercado que se encuentra en constante crecimiento, alcanzando en 2016 una producción total de 63, 374 toneladas (Martínez-Carrera y Ramírez-Juárez, 2016). Este incremento en el consumo se debe principalmente a la concientización en masa sobre el consumo de alimentos saludables.

La alimentación pública en relación con los problemas de salud de la población ha tomado una gran relevancia en las políticas públicas de los países desarrollados, favoreciendo acciones de manera preventiva con el fin de evitar que aparezcan brotes epidemiológicos relacionados con los alimentos que se consumen (Gutiérrez, 2012). En los países en vías de desarrollo se necesitan lograr políticas públicas que estén orientadas a salvaguardar la sanidad de los alimentos que consume la población ya que en estos existe la mayor incidencia de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) (Reyes-Solórzano, 2017).

Las buenas prácticas de producción y manejo son herramientas que favorecen las acciones preventivas para salvaguardar la inocuidad de los alimentos (De León, 2007). Involucran técnicas destinadas a obtener productos frescos saludables, de calidad superior y haciendo énfasis en el manejo adecuado de plagas y enfermedades, minimizando el impacto al ambiente, a los recursos naturales, y a la salud humana (Cartaya y Villamizar, 2005). En cada proceso productivo es posible generar lineamientos específicos de buenas prácticas, en el caso de los hongos aún no existen legislaciones, certificaciones o estudios específicos sobre buenas prácticas en la producción de hongos comestibles en México, la mayoría de los esfuerzos relacionados con las buenas prácticas en la producción primaria se han enfocado en productos de origen vegetal, un ejemplo de esto es la Norma Oficial Mexicana de

Buenas Prácticas Agrícolas en los Procesos de Producción de Frutas y Hortalizas Frescas NOM-EM-034-FITO-2000.

A nivel mundial, los estudios relacionados con la inocuidad de los hongos comestibles se han enfocado principalmente al género *Agaricus* (González-Fandos *et al.* 2001; Akata, *et al.*, 2015; Pardo *et al.*, 2017), el cual representa el 30 % de la producción mundial de hongos comestibles (Royse, 2014), y el 94 % a nivel nacional (Carreón *et al.*, 2012). Por lo tanto, es necesario enfocar este tipo de estudios a otras variedades de hongos, y más aún en países como México donde hasta la fecha no existen datos al respecto.

En el presente trabajo se diagnosticó la situación actual de la producción de hongos comestibles, funcionales y medicinales de la región central del país mediante visitas a plantas de producción y aplicación de encuestas. Se evaluaron y describieron las buenas prácticas de producción y manejo de 10 plantas productoras. Se analizó la inocuidad del hongo fresco mediante la toma de muestras, las cuales se sometieron a análisis morfológicos, fisicoquímicos y microbiológicos. Finalmente, se generaron recomendaciones sobre las áreas de oportunidad de cada planta productora y se propuso un Análisis de Riesgos y Puntos de Críticos de Control (ARPC) con base en las deficiencias generales encontradas en las plantas de producción de la región de estudio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

Los hongos comestibles son macro hongos con un esporocarpo que puede ser visualizado a simple vista. Pueden ser Basidiomicetes o Ascomicetes y muchas de las variedades no solamente son comestibles, sino que también poseen propiedades funcionales y medicinales (Chang *et al.*, 1993). Los hongos son consumidos en muchos países del mundo debido a su sabor agradable y textura, pero también por su bajo nivel calórico (Pesti, 2014). El contenido de carbohidratos varía entre especies y su rango es de 13-65 % en su estado seco. El contenido de fibra depende de la especie y se han encontrado rangos de 4-40 % en materia seca (Wang *et al.*, 2014), además de ser ricos en proteínas cuyo rango es de 2.5-30 % en fresco y de 30-35 % en seco (Mishra *et al.*, 2018). En el caso específico de los hongos cultivados se han encontrado alrededor de 23 ácidos grasos, entre los más abundantes está el ácido oleico, linoleico y palmítico. El contenido de minerales varía en los hongos cultivados de 3 a 29 mg por kilogramo seco (Zhao y Han, 2011). Así mismo, los hongos contienen vitaminas que incluyen la tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico (Cheung, 2010). Estas características los hacen candidatos excepcionales para la dieta de países con desnutrición y alta tasa de padecimientos relacionados con el sobrepeso y la diabetes como México (Quintana, 2015). Aproximadamente se conocen 2000 especies de hongos que pueden ser consumidas como alimento y 700 que poseen compuestos bioactivos significativos (Kalac, 2016). Entre las propiedades funcionales más importantes presentes en los hongos están las inmunoestimuladoras y antitumorales, debido a la cantidad de compuestos bioactivos que contienen, como los polisacáridos, incluidos los betaglucanos y alfa-glucanos, los polifenoles, terpenos, proteínas inmunomoduladoras, entre otros (Chang y Miles, 2004).

2.2 Biotecnología y desarrollo

La biotecnología moderna es una ciencia que nace a partir de la generación de tecnologías con base en el conocimiento de la doble hélice del ADN. Esta ciencia se

utiliza en varios ámbitos como la agricultura, la industria farmacéutica, la alimentaria, etc. (Duque, 2010). La biotecnología de los hongos está relacionada con todos los aspectos de aplicación de los mismos, por ejemplo, la domesticación de variedades silvestres, el aislamiento de compuestos bioactivos, la bioconversión de residuos lignocelulósicos y la biorremediación (Singh *et al.*, 2009). México es el país con la mayor tradición en el estudio de la biotecnología de los hongos en América Latina, teniendo cuerpos académicos altamente especializados como lo son el Instituto de Ecología (INECOL), el Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla (COLPOS *campus* Puebla), el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN). (Martínez-Carrera *et al.*, 2000). Gracias al desarrollo de la biotecnología de los hongos a nivel mundial, la producción y aislamiento de diferentes especies de hongos se está incrementando. Las técnicas de aislamiento de nuevas variedades han mejorado significativamente, logrando la obtención de cepas de alta productividad, resistentes a plagas y enfermedades, disminuyendo el uso de pesticidas (Sánchez, 2004).

2.3 Cultivo de los hongos

En la industria de los hongos, los 5 principales productores de hongos y trufas son China con 7.63 millones de toneladas métricas, Italia y Estados Unidos con casi 1 millón de toneladas métricas, Holanda con 310 mil y Polonia con 254 mil (FAO, 2015). Los países con el crecimiento más constante en la producción de hongos son China, Estados Unidos, Holanda, India y Vietnam. En 2008, la producción de hongos en el mundo generó 25 millones de empleos directos e indirectos y en 2011 generó ganancias de aproximadamente 24 billones de dólares (Pandey, 2018). En el caso de América Latina, ha tenido un crecimiento constante de aproximadamente 5 % anual en la producción comercial de hongos comestibles (Chang y Wasser, 2017) Siendo México el mayor productor de la zona (Romero-Arenas *et al.*, 2015).

El cultivo de los hongos no es una actividad que pueda considerarse sencilla, pues requiere de un alto nivel técnico e infraestructura altamente especializada para poder

llevarse a cabo, si bien la inversión para cultivarlos puede resultar elevada, es un mercado altamente viable debido a la gran demanda que existe (Barbado, 2003).

2.4 Principales hongos comestibles cultivados

La primera variedad de hongo en ser cultivada fue el Shiitake (*Lentinula edodes*) aproximadamente en el año 1000 d.C. en China, seguido del cultivo del champiñón (*Agaricus bisporus*) en Francia en el 1600 d.C., siendo el tercero la seta (*Pleurotus*) en los Estados Unidos en el 1900 (Sánchez, 2004). Después de tantos años de haberse domesticado esas variedades de hongos siguen siendo las más cultivadas, ya que representan el 76 % de la producción mundial actual, también se ha incrementado la producción y el consumo de otras especies como *Volvariella volvacea*, *Calocybe indica* y *Ganoderma lucidum* (Boin y Nunes, 2018). *Lentinula edodes* es la especie mayormente cultivada con el 22 % de la producción mundial, especies de *Pleurotus* con el 19 %, especies de *Auricularia* con el 17 % y *Agaricus bisporus* con el 15 % (Chang y Wasser, 2017).

2.5 Consumo de productos frescos

A nivel mundial, el consumo de productos frescos se ha popularizado debido a una concientización en masa sobre el cuidado de la salud (Warriner *et al.*, 2009; Gutiérrez, 2012). En el caso de los hongos no es la excepción, ya que preferentemente se consumen frescos debido a lo atractivo de su sabor y textura (Niksic, *et al.*, 2016).

Tan sólo en el periodo 2014-2015, el consumo de hongos frescos en Estados Unidos fue de 94 % comparado con otras presentaciones (Li y Azzam, 2017). En México, la mayor parte de los hongos que se producen se consumen en fresco, sin embargo, tienen el inconveniente de ser productos altamente perecederos debido a su metabolismo y contenido de humedad, así como su pH neutro (Martínez-Carrera *et al.*, 1998; Aguirre, 2009), necesiándose cuidados e infraestructura para mantenerlos en buen estado, ya que, de no ser así, pueden ser causa de brotes importantes de enfermedades debido a bacterias, virus, parásitos, mohos, etc. Los hongos inclusive son mayormente perecederos comparados con frutas y verduras, ya que no tienen

estructuras especializadas que actúen como barrera contra patógenos (Aguirre *et al.*, 2008).

2.6 Calidad de los alimentos

El concepto de calidad de los alimentos se refiere a los atributos que hacen apetecible su consumo, lo cual implica factores fácilmente distinguibles como el color, sabor, textura, valor nutritivo, entre otros. También incluye características como la ausencia de sustancias indeseadas o microorganismos que pudieran perjudicar la calidad del alimento (Bello, 2000). En el caso de los hongos los parámetros de calidad no cambian (Beelman *et al.*, 1989). Existen en Estados Unidos parámetros sobre la calidad macroscópica de los hongos los cuales son decoloración, manchas, suciedad, firmeza, madurez, abertura del píleo, forma, estípote cortado de la base, etc. (Gunderson, 2012).

2.7 Enfermedades de transmisión alimentaria (ETA)

Los alimentos que no son inocuos pueden contener bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas peligrosas, las cuales pueden causar más de 200 enfermedades, que puede ir desde diarrea hasta cáncer. Un estimado de 600 millones, es decir 1 de cada 10 personas se enferman cada año por consecuencia de alimentos contaminados y aproximadamente 420,000 mueren (OMS, 2018). Tan solo en 2015, las consecuencias de las enfermedades de transmisión alimentaria o ETA, en los Estados Unidos tuvieron un impacto de 77 billones de dólares en la economía (Kim, 2016). Las ETA son un conjunto de padecimientos producidos por el consumo de alimentos contaminados incluyendo el agua, los principales agentes causantes de esa contaminación son microorganismos, químicos o parásitos. Esta contaminación se puede originar en cualquier eslabón de la cadena alimentaria, ya sea desde el proceso de producción hasta el consumidor final (Espinosa, 2015). Las ETA son un problema de carácter mundial que afecta principalmente a grupos vulnerables como niños, ancianos y gente pobre, es por ello que los países en vías de desarrollo son más propensos a las mismas. Los principales agentes causantes de ETA son *Campylobacter jejuni*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*,

Staphylococcus aureus, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* y *Shigella* (Reyes-Solórzano, 2017). El consumo de verduras y hongos frescos está asociado directamente con la presencia de organismos patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, y *Vibrio cholerae* (Castro-Rosas *et al.*, 2006).

2.8 Inocuidad de los alimentos y legislaciones

La inocuidad alimentaria surge como una preocupación de Estados Unidos hacia países como México que no tienen la tecnología para asegurar la sanidad de los alimentos, su principal premisa es la reducción del riesgo por parte de toxinas, residuos químicos, y patógenos para evitar la propagación de enfermedades que puedan afectar la salud humana, animal o vegetal (Spreji, 2006). Se puede entender también como la implementación de medidas que reducen los riesgos provenientes de agentes biológicos y/o químicos (Avendaño-Ruiz *et al.* 2006). La inocuidad alimentaria ha tomado una enorme relevancia a nivel internacional ya que se ha formulado un esfuerzo internacional en común para poder establecer criterios de inocuidad basados estrictamente en la ciencia. Es necesario que los países tomen en serio la inocuidad para enfrentar desafíos futuros como el incremento a 9 mil millones de personas que demandarán un 70 % más de alimentos en 2050 (King, 2017).

Existen en el mundo diferentes organizaciones en su mayoría a nivel gubernamental que se han enfocado en salvaguardar la calidad e inocuidad de los alimentos para la población, tal es el caso de la *Food and Drug Administration* (FDA) y la *United States Department of Agriculture* (USDA) en Estados Unidos, la *European Food Safety Authority* (EFSA) en la Unión Europea y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA) y la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios(COFEPRIS) en el caso de México, por mencionar algunos.

Para asegurar la inocuidad de los alimentos, se han originado programas de buenas prácticas para la producción de los mismos, sin embargo, para fines prácticos las agencias de inocuidad utilizan generalmente análisis de detección de agentes contaminantes. Una parte importante de estos análisis se enfoca a la detección de microorganismos patógenos y para ello se han creado normas que establecen límites

microbiológicos según sea el tipo de alimento. Las legislaciones mundiales que establecen criterios de inocuidad para hongos comestibles son la ley H.R. 2751 que se refiere a la norma del *Food safety modernization acts* (FSMA), y a la implementación de controles por parte del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Para la Unión Europea (UE) existe el artículo de regulación 852/2004 de la EFSA de acuerdo al anexo I de la comisión de regulación no 2073/2005, sobre criterios microbiológicos para alimentos. En cuanto a las legislaciones de los Estados Unidos Mexicanos existe una norma específica para hongos la cual es la Norma Oficial Mexicana (NOM- NMX-F-414-1982) para champiñones enlatados.

2.9 Buenas prácticas y legislaciones

Por todas las consecuencias que conlleva el consumo de alimentos contaminados, se originaron las buenas prácticas de producción y manejo, cuya unificación en materia alimentaria se dio con el Codex alimentarius, administrado por la FAO desde 1963, el cual incluye una serie de estándares para el manejo, la inocuidad y el análisis de riesgos de la cadena de alimentos (Burlingame y Pineiro, 2007). Las buenas prácticas agropecuarias son herramientas para obtener alimentos inocuos e incluyen tanto la higiene y manipulación como el correcto diseño y funcionamiento de las plantas de producción. Son todas las prácticas referentes a las condiciones y medidas que son necesarias para garantizar la inocuidad de los alimentos (Londoño Vélez, 2009). En México existe la NOM-251-SSA1-2009 sobre prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, que entró en vigor oficial desde septiembre del 2010 y fue elaborada por la COFEPRIS. Esta contempla sistemas que tienen como propósito garantizar la inocuidad de los alimentos. Brinda un panorama general de requisitos con los cuales se puede reducir el riesgo de contaminación de las etapas de producción de alimentos y entre sus herramientas conlleva la gestión de sistemas de Análisis de Riesgos y Puntos de Críticos de Control (ARPCCC). También en México es aceptada la norma internacional ISO 22000. Esta es aplicable por cualquier empresa u organización que esté en relación directa con la cadena alimentaria. Existen certificaciones nacionales que indican que los productores

cumplen con lineamientos de buenas prácticas de producción y manejo como lo es México Calidad Suprema y pretende fortalecer y desarrollar la competitividad del campo mexicano, también existe la certificación tipo inspección federal (TIF) y México (GAP) (Osuna y Cerda, 2017).

2.10 Sistemas ARPCC

Para poder detectar las problemáticas asociadas con la falta de calidad e inocuidad en las plantas de producción, se utilizan los Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (ARPCC) cuyo origen fue en Estados Unidos en los 70s y su principal contribución recae en la producción de alimentos (Burlingame y Pineiro, 2007). Con estas herramientas se puede determinar en qué eslabón de la cadena de producción se está dando una deficiencia importante y, así, poder generar acciones correctivas y dar seguimiento (Pintado *et al.*, 2012). Otras ventajas de este sistema es que ayuda a reducir gastos superfluos, y da pauta para que los productores puedan tener mayor aceptación en el mercado, ya que las instituciones tanto nacionales como internacionales en materia de inocuidad alimentaria, utilizan este tipo de sistemas para generar códigos y normas en la industria de los alimentos. Las certificaciones internacionales ISO 9001 e ISO 9002 son utilizadas por la industria de los alimentos para desarrollar los sistemas ARPCC (Harrigan, 1993). Los análisis microbiológicos y fisicoquímicos son complementarios a los sistemas ARPCC, ya que con estos se puede saber la calidad del producto final.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Producción de hongos en México

En México, el cultivo de los hongos comenzó desde 1933 en una planta ubicada en el Estado de México (Martínez-Carrera *et al.*, 1991), desde entonces el país ha mantenido un crecimiento constante, alcanzando en 2011 una producción total de 63, 374 toneladas (Martínez-Carrera y Ramírez-Juárez, 2016). Siendo el mayor productor de hongos en Latinoamérica con el 80.8 %, seguido de Brasil y Colombia (Romero, 2015).

En México se cultivan hongos como *Agaricus bisporus* (champiñón, portobello, crimini) setas (blanca, gris, café), huitlacoche (*Ustilago maydis*) y shiitake (*Lentinula edodes*). A menor escala se cultiva *Ganoderma*, *Grifola frondosa* y *Hericium erinaceus*. Los que más se producen son el champiñón (93.7 %), la seta (4.76 %), el huitlacoche (1.5 %) y el shiitake (0.04 %). El valor económico de la producción de hongos supera los 200 millones de dólares cada año y genera aproximadamente 25, 000 empleos directos e indirectos (Martínez-Carrera *et al.*, 2016).

3.2 Insumos biotecnológicos

Los insumos biotecnológicos son un factor clave en la producción de hongos, ya que de estos depende en gran medida la calidad e inocuidad del hongo o basidiocarpo. Entre ellos destacan la semilla, los sustratos utilizados, la adecuación de los sustratos, las técnicas de composteo, el uso de microorganismos benéficos, etc. Los insumos biotecnológicos son tan importantes en la cadena de producción de los hongos comestibles, que la disponibilidad y calidad rigen en gran medida la capacidad productiva de las plantas de producción. La semilla es el insumo biotecnológico más importante de la cadena de producción porque de este depende en gran medida la calidad y éxito de la producción (Sánchez, 2004). Este generalmente se genera en laboratorios especializados que desarrollan semilla de alta calidad. Se puede realizar en granos como el trigo y el sorgo, los cuales se esterilizan a más de 121°C y se incuban en bolsas especiales con filtro a 25°C (Van-Nieuwenhuijzen, 2005), también se genera en menor medida micelio en fermentación líquida y pellets. La calidad del

micelio no solo se rige por todo el proceso de preparación, sino también por los recursos genéticos utilizados, los cuales preferentemente deben tener características deseables en cuanto a productividad, durabilidad, resistencia a plagas, etc. (Stamets, 2000).

Los sustratos que utilizan los hongos comestibles como alimento contienen como base principal complejos de lignina y celulosa (Van-Nieuwenhuijzen, 2005). Los hongos tienen la capacidad de degradar muchos tipos de sustratos ya que aproximadamente se han reportado hasta 200 variedades de desechos que se pueden utilizar para sembrarlos (Sánchez, 2010). Para el caso de la seta se utilizan residuos agroindustriales como los rastrojos de cereales, y residuos de la industria maderera (Vieira y Andrade, 2016).

3.3 Fructificación de Basidiocarpos

La lignina es un complejo químico que se encuentra en los tejidos de las plantas y es de difícil degradación. Los llamados hongos de pudrición blanca son capaces de degradar la lignina de una manera sencilla, es por eso que prácticamente todos los residuos agroindustriales son utilizados en la producción de los hongos (Martínez *et al.*, 2015). La etapa de fructificación de basidiocarpos comprende el proceso en el que el bloque o la unidad de producción ya colonizada por el micelio es llevada a condiciones que van a favorecer la aparición de primordios (Van-Nieuwenhuijzen, 2005), es decir, se termina la etapa vegetativa o etapa de crecimiento micelial y comienza la fase de reproducción sexual. En general, en esta etapa se necesita un mayor suministro de oxígeno, menor temperatura, humedad ambiental y luz específica para inducir la fructificación (Stamets, 2000), todo esto dependerá en gran medida de la especie de hongo que se cultive.

El cultivo de *Agaricus bisporus* utiliza el sustrato y la preparación más complejas de los hongos cultivados (Sánchez, 2004). Es común que en el proceso de producción del champiñón se le dé un shock con frío a las camas de composta o unidades de producción para inducir a fructificación al igual que al shiitake, mientras que en el caso

de la seta no es necesario (Shukla y Tomar, 2018). El champiñón necesita adicionalmente una capa de cobertura compuesta habitualmente por peatmoss y algunos nutrientes para inducir la fructificación (Zied *et al.*, 2018). El género *Pleurotus* comúnmente se cultiva en sustratos pasteurizados a temperaturas por debajo de los 60°C durante 2 horas, de esta manera se logra la eliminación de contaminantes sin romper ciertas estructuras químicas en los sustratos que pudieran dar lugar a contaminaciones (Vieira y Andrade, 2016).

Al terminar el ciclo de vida de las unidades de producción, estas generalmente se convierten en residuos, por lo cual el manejo de sustrato gastado es uno de los aspectos más importantes en la producción de hongos comestibles. A estos se les pueden dar múltiples usos como el de biorremediación, alimentación para rumiantes y nutrición de los suelos, entre otros (Ahlawat y Sagar, 2007).

Debido a la complejidad de la producción de hongos y la constante necesidad de mejorar la obtención de basidiocarpos

, se han mejorado significativamente las condiciones de cultivo en las últimas décadas, automatizando los invernaderos de manera computarizada y proveyendo automáticamente las condiciones óptimas como humedad, temperatura y CO₂ (Sánchez, 2010).

3.4 Cosecha y postcosecha

La etapa de cosecha llega cuando los basidiocarpos tienen la madurez deseada para ser cortados. Normalmente para cortar los hongos, se agarran firmemente de la base con el sustrato y se giran o se usan cuchillos para retirar el estípite del sustrato. Cuando se cosechan los hongos se suele bajar la humedad relativa para que los basidiocarpos estén aptos para ser cortados. Los hongos deben ser cortados con cuidado para no ser maltratados y posteriormente sean depositados en contenedores para su venta o conservación. El momento en el que deben ser cortados depende en gran medida del mercado, que puede apreciarlos jóvenes o maduros (Van-Nieuwenhuijzen, 2005).

Para la postcosecha normalmente el hongo se lleva a vender o se refrigera a temperaturas inferiores a 8°C, También hay otras prácticas postcosecha y entre las más comunes están deshidratar el hongo o enlatarlo (Walde *et al.*, 2006), de igual manera existen tratamientos postcosecha muy utilizados en verduras frescas, esto para conservar los hongos en su estado fresco como el empacamiento con atmósfera modificada y el uso de radiación (Wakchaure, 2011).

3.5 Buenas prácticas en la producción de hongos comestibles y ventajas para los productores y consumidores

Las buenas prácticas agrícolas incluyen parámetros como la sanidad del agua, higiene de los trabajadores, inventario y resguardo de químicos tóxicos, recepción y almacenamiento de materias primas, etc. (Siller *et al.*, 2002). Las buenas prácticas en el cultivo de los hongos están basadas al menos en una mínima base científica para un cultivo, cosecha, empacamiento y procesamiento seguros (Penn State, 2003; American Mushroom Institute, 2013) e involucran lineamientos similares a las prácticas agrícolas. Entre estos lineamientos están los niveles de riesgo de sanidad de los alimentos, sanidad del agua, higiene de los trabajadores, prácticas para evitar la contaminación cruzada, el proceso de recepción y almacenamiento de materiales primas, el empaque y protección de los hongos cosechados, el correcto inventario y resguardo de químicos tóxicos, el control de plagas, el mantenimiento de equipo y calibración, la capacitación de los empleados, la infraestructura, etc. (Penn State, 2003). En los Estados Unidos existen documentos sobre las buenas prácticas de manejo de los hongos comestibles que se han generado por instituciones académicas americanas y la FDA para el manejo del cultivo, la sanidad y seguridad de los alimentos relacionados con los hongos (Penn State, 2003; Penn State 2010; American Mushroom Institute, 2013). También se han creado prácticas de higiene y manufactura en el cultivo de los hongos en regiones en vías de desarrollo como en el caso del continente africano, con asesoramiento de la Unión Europea, donde los documentos que se han generado presentan algunos apartados como los requerimientos microbiológicos, el proceso de producción de los hongos, áreas designadas para

comer, la limpieza de la planta productora, buenas prácticas de manufactura, etc. (Pintado *et al.*, 2012).

Al producir hongos comestibles con base en las buenas prácticas de manejo, el productor puede hacer más rentable el cultivo de los hongos, ya que puede reducir significativamente las pérdidas por contaminación, también se puede acreditar de una forma más sencilla como productor inocuo por la institución de inocuidad del país o por organismos internacionales. Por último, al seguir las buenas prácticas el productor busca ofrecer un producto final de la mejor calidad, el cual, aunado con buenas prácticas en la comercialización, puede llegar inocuo al consumidor final, quien tendrá la garantía de recibir un producto limpio, 100 % saludable y, por ende, se puede incentivar un mayor consumo.

3.6 Atributos morfológicos

Los atributos morfológicos de los hongos comestibles son importantes tanto para cuestiones taxonómicas, como para análisis de calidad comercial. Para cuestiones de calidad comercial, el análisis de la morfología funge como indicador, y en este normalmente se describen la madurez, el color, la consistencia, la apariencia, las dimensiones de las partes (píleo y estípite), etc. La USDA utiliza los análisis morfológicos para determinar la calidad de los hongos que se comercializan en Estados Unidos, tomando en cuenta atributos como la firmeza, forma, presencia de manchas, decoloración, daño mecánico y abertura del píleo (Ravi y Siddiq, 2011). El análisis de la morfología de los esporomas también es útil para otros fines, como la evaluación de cepas de interés comercial, la evaluación de sustratos y la evaluación de suplementación (Gaitán-Hernández y Salmones, 1999; 2015). Un ejemplo de análisis morfológico es el de un experimento en el que se evaluó la producción de cepas de *Pleurotus opuntie*, donde se describieron esporomas dispersos, grandes y correosos (Barrales y Mata, 2016). La decoloración, el amarillamiento, pérdida de la textura, la pérdida de peso y la forma del píleo son probablemente las consideraciones a simple vista más importantes que los consumidores notan cuando quieren adquirir hongos frescos (Aguirre, et al., 2009).

3.7. Características fisicoquímicas

Los análisis de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos tienen una gran diversidad de fines, entre las propiedades fisicoquímicas que más se estudian en los hongos frescos se encuentran el contenido de humedad, el pH, los grados brix, la capacidad de absorción, la viscosidad y la acidez (Martínez- Flores, *et al.*, 2009; Cortés *et al.* 2011).

Para los análisis de inocuidad de los alimentos, la importancia de estas propiedades tiene diferentes contextos, como ejemplo, el pH y la humedad de los alimentos frescos pueden ser determinantes para que se desarrollen fácil o difícilmente microorganismos (Lund, 1992), también se pueden usar para detectar elementos o compuestos indeseables como restos de pesticidas e inclusive se usan para la generación de procedimientos de conservación de los alimentos, los cuales se pueden incluir en los tratamientos postcosecha (Jayathunge e Illeperuma, 2005; Xhiao, *et al.*,2011).

3.8 Presencia de microorganismos

La presencia de microorganismos es común en los productos frescos y no necesariamente esto indica que están contaminados, de hecho, la presencia de altas poblaciones de microorganismos como *Pseudomonas* y *Lactobaccillus* es completamente normal en basidiocarpos inocuos, incluso es normal un recuento de hasta 15×10^6 UFC/gramo de muestra (Singh, 2010), sin embargo, hay ciertas especies que resultan patógenas para el ser humano, y cuando estas se encuentran en los alimentos o exceden el número de colonias bacterianas permisibles, los alimentos se pueden convertir en un problema de salud que puede ser de ligero hasta grave. Entre las bacterias indicadoras de contaminación en los productos frescos se encuentran *E. coli* 0157:H7, *Salmonella* y *Shigella* (Loaharanu, 2001). Los recuentos de mesófilos aerobios, mohos y levaduras suelen utilizarse como indicadores de prevalencia de malas prácticas en la producción de alimentos, sin embargo, para un análisis de inocuidad más serio, siempre es necesario determinar si existe la presencia de especies patógenas.

Existen normas en el mundo que establecen límites específicos sobre presencia de microorganismos en hongos frescos, entre estas se encuentra la ley H.R. 2751 en Estados Unidos que especifica los siguientes límites: 10^3 UFC/gramo de muestra para *E.Coli.* es decir 1000 UFC/g., para enterobacterias 10, 000 UFC/g. Para *S. aureus* 10,000 UFC/g. y para *Salmonella* negativo en 30 muestras. También en Europa se han generado algunas normas como el artículo de regulación 852/2004 de la EFSA con el acuerdo al anexo I de la comisión de regulación de la Unión Europea No 2073/2005, que establece que los límites microbiológicos en relación con los hongos son un máximo de 1000 UFC/g para *E.Coli.*

IV. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El consumo de productos frescos tiene relevancia a nivel mundial, sin embargo, estos pueden contaminarse por diferentes factores durante el proceso de producción, cosecha y manejo, lo cual puede tener como consecuencia la disminución o ausencia de inocuidad (Olaimat y Holly, 2012). Los hongos no son la excepción, ya que en estado fresco son productos altamente perecederos. El mal manejo en la siembra, obtención de esporomas, cosecha y postcosecha son de las principales fuentes de contaminación en la cadena de producción de los hongos comestibles (Chang y Miles, 2004; Stamets, 2000), ya que requieren un alto porcentaje de humedad para su desarrollo (hasta el 90 %), y sustratos orgánicos ricos en nutrientes (Biswas *et al.*, 2012), lo cual hace fácil y habitual la colonización de diferentes organismos perniciosos (bacterias, mohos, artrópodos y nematodos) en las plantas de producción, incentivado también por el mal manejo de organismos benéficos (Fletcher y Gaze, 2007). Es por ello que no es tarea fácil lograr producir hongos de calidad no cuestionable.

Actualmente, los consumidores están mejor informados sobre lo que es la calidad e inocuidad de los alimentos, especialmente en las zonas conurbadas, debido en parte a una mayor formación escolar, por lo que van a tender, en mayor medida, a investigar la procedencia y el manejo del cultivo de los productos que adquieran, incluso están dispuestos a pagar más por alimentos que estén respaldados como productos inocuos (Cedillo-Portugal y Anaya-Rosales, 2018), es por ello que los productores de alimentos deben guiarse en las buenas prácticas de producción y manufactura, que son una serie de postulados que permiten dirigir los esfuerzos de los procesos de obtención de alimentos, hacia una producción inocua (De León, 2007; Cursio y Sartori, 2016). Con ello, la inocuidad se verá reflejada en el producto final que se podrá constatar por medio de análisis de calidad morfológica, fisicoquímica y microbiológica, factores clave para poder asegurar que su consumo sea seguro. En general, se han realizado pocos estudios estrictamente sobre inocuidad de los hongos frescos en el mundo, y los que se han llevado a cabo se han enfocado en mayor parte al género *Agaricus* (Smadpour *et al.*, 2006; Venturini *et al.*, 2011; Abou-Zeid, 2012)

La zona de estudio se distingue por tener una larga tradición en el cultivo de hongos comestibles, sin embargo, no se tienen datos sobre la situación de la producción actual, y mucho menos de las prácticas de inocuidad que imperan en la producción de los hongos y la calidad comercial del producto final, lo que hace oportuno realizar un diagnóstico a profundidad. Conocer la situación actual y las prácticas de inocuidad del producto final en la producción de hongos comestibles, funcionales y medicinales de la región central de México, es necesaria para incentivar la producción inocua de hongos en la región, generando como estrategia recomendaciones sobre las áreas de oportunidad analizadas.

V. HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis general

La calidad de los hongos comestibles, funcionales y medicinales cultivados en la región central del país puede mejorar si se aplican las buenas prácticas de producción y manejo

VI. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Determinar la situación actual de la producción, así como las buenas prácticas de manejo y la calidad de los hongos comestibles, funcionales y medicinales producidos en la región central del país.

5.2 Objetivos específicos

1. Conocer la situación actual de la producción de los principales hongos cultivados en la región central de México.
2. Diagnosticar las buenas prácticas de producción y manejo mediante el análisis de insumos biotecnológicos, obtención de basidiocarpos, cosecha y postcosecha.
3. Determinar la calidad de los hongos comestibles mediante el análisis morfológico, fisicoquímico y microbiológico.
4. Proponer un Sistema ARPCC de acuerdo a las carencias encontradas en las plantas de producción de la región.
5. Recomendar prácticas en la producción y manejo que aseguren la calidad comercial y una carga microbiana aceptable de los hongos comestibles producidos en la región de estudio.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

El diagrama general de la metodología se muestra en la Figura 1.

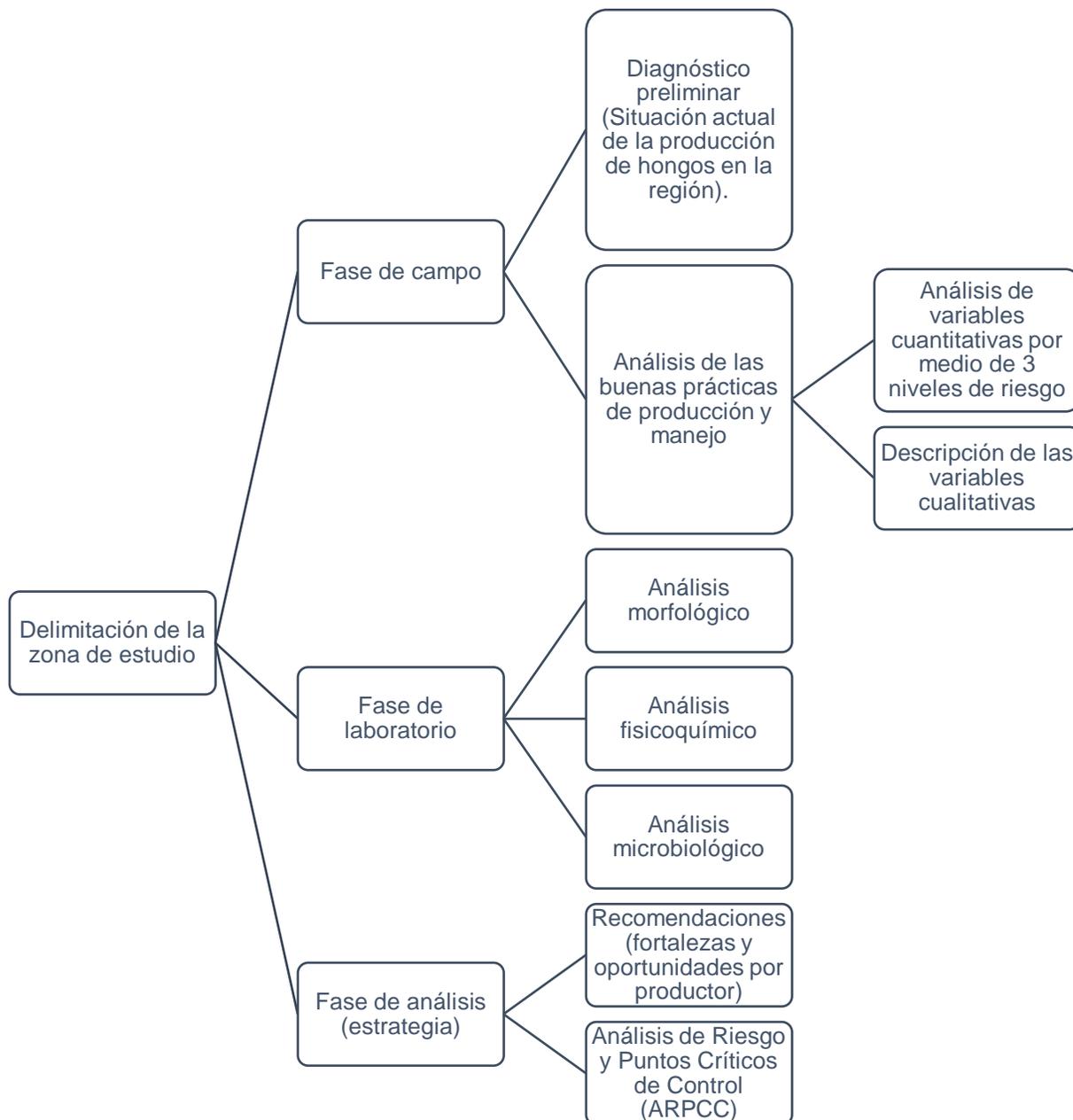


Figura 1. Diagrama general de la metodología.

7.2 Fase de campo

7.2.1 Zona de estudio

La zona con mayor producción de hongos del Estado de México está estratégicamente situada en relación con la capacidad de mercado y el clima que favorece el crecimiento de los hongos. Se estudiaron 8 municipios que fueron Atlacomulco, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Jocotitlán, Morelos, Temoaya y Toluca (Figura 2).

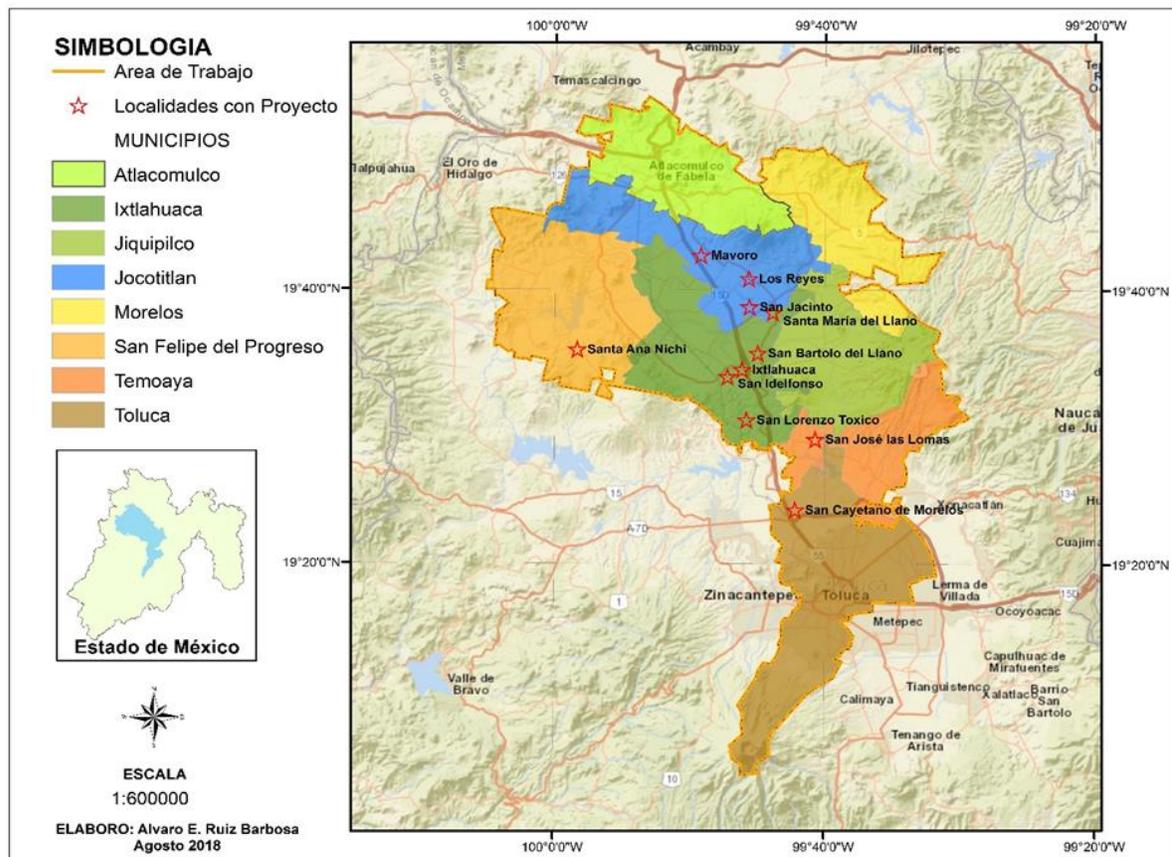


Figura 2. Localización del área de estudio en los puntos de visita y la delimitación de los municipios.

En total se entrevistaron a siete productores de hongos comestibles en el diagnóstico preliminar durante los dos días del recorrido. Los productores visitados estuvieron localizados en los municipios de Ixtlahuaca de Rayón, Jocotitlán, San Felipe del Progreso y Temoaya. En Ixtlahuaca de Rayón se visitaron tres localidades: San Bartolo del Llano, San Ildefonso e Ixtlahuaca. En Jocotitlán se visitó San Jacinto y Los Reyes.

En San Felipe del Progreso se visitó Santa Ana Nichi y en Temoaya se visitó San José Las Lomas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Municipios y localidades visitadas durante el recorrido a las plantas productoras de hongos comestibles de la región de Ixtlahuaca, Estado de México.

No.	Fecha de visita	Municipio	Localidad
1		Ixtlahuaca de Rayón	San Bartolo del Llano
2	20.04.2018	Ixtlahuaca de Rayón	San Ildefonso
3		San Felipe del Progreso	Santa Ana Nichi
4		Jocotitlán	San Jacinto
5		Ixtlahuaca de Rayón	Ixtlahuaca
6	21.04.2018	Jocotitlán	Los Reyes
7		Temoaya	San José las Lomas

7.2.2 Condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales fueron óptimas para el desarrollo de los hongos comestibles en esta región, ya que el clima y la humedad son propicios. La región se ubica en un rango de altitud entre los 2,230 msnm y 3000 msnm, es una zona de clima templado subhúmedo, con vegetación de bosques de pino, pino-encino y oyamel en las partes más elevadas. Aunque el uso de suelo que más predomina es el agrícola, con agricultura de riego y de temporal (Figura 3).

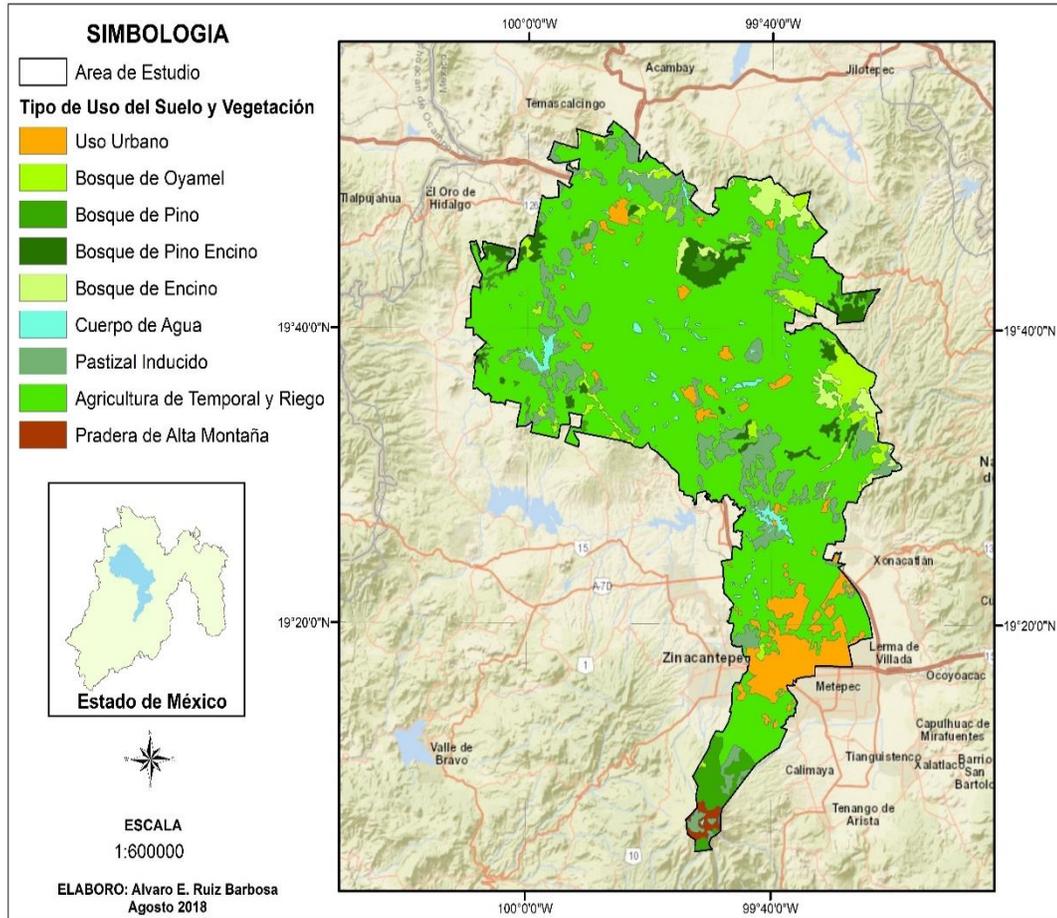


Figura 3. Uso de suelo y vegetación del área de estudio.

7.2.3 Condiciones socioeconómicas

La cantidad de hombres que trabajan supera por mucho al de las mujeres en el área de estudio y está representado en la Figura 4. En cuanto a los servicios básicos de vivienda de los municipios de estudio, Toluca es el municipio con los mejores servicios, mientras que San Felipe del progreso es el de menores servicios básicos como la vivienda (Figura 5). El área de estudio está conformada por 8 municipios de los cuales el 75 % presentan un índice de marginación medio. El 12.5 % presenta un índice de marginación alto y el 12.5 % un índice de marginación muy bajo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características sociodemográficas del área de estudio (De Jesús Almonte y Suarez, 2017).

Municipios del Estado de México	Población (número de habitantes)	Densidad de población (hab/m ²)	Marginación	Migración en otra entidad federativa	Migración otra entidad federativa %	Migración en Estados Unidos
Atacomulco	93,718	363,4	Medio	7,645	8,16	178
Jiquipilco	69,031	253,19	Medio	3,545	5,14	110
Jocotitlán	61,204	220,67	Medio	3,962	6,47	113
Morelos	28,426	120,53	Medio	1,202	4,23	37
Temoaya	90,01	475,61	Medio	3,935	4,37	38

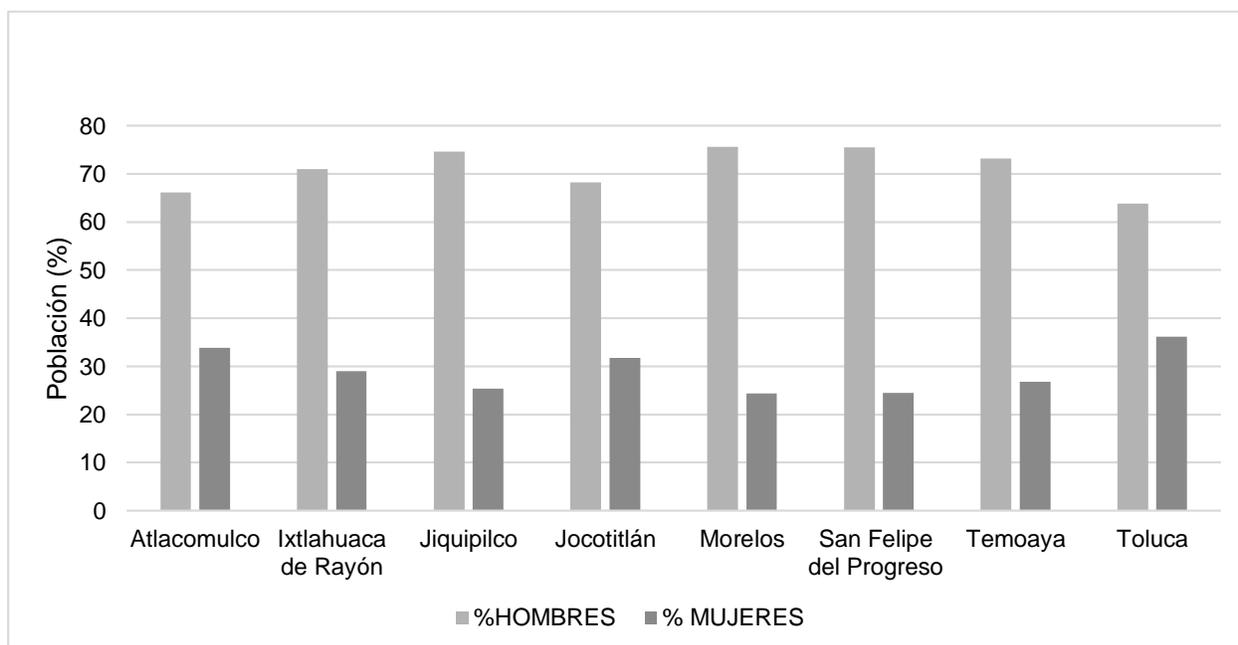


Figura 4. Población económicamente activa de los municipios de estudio.

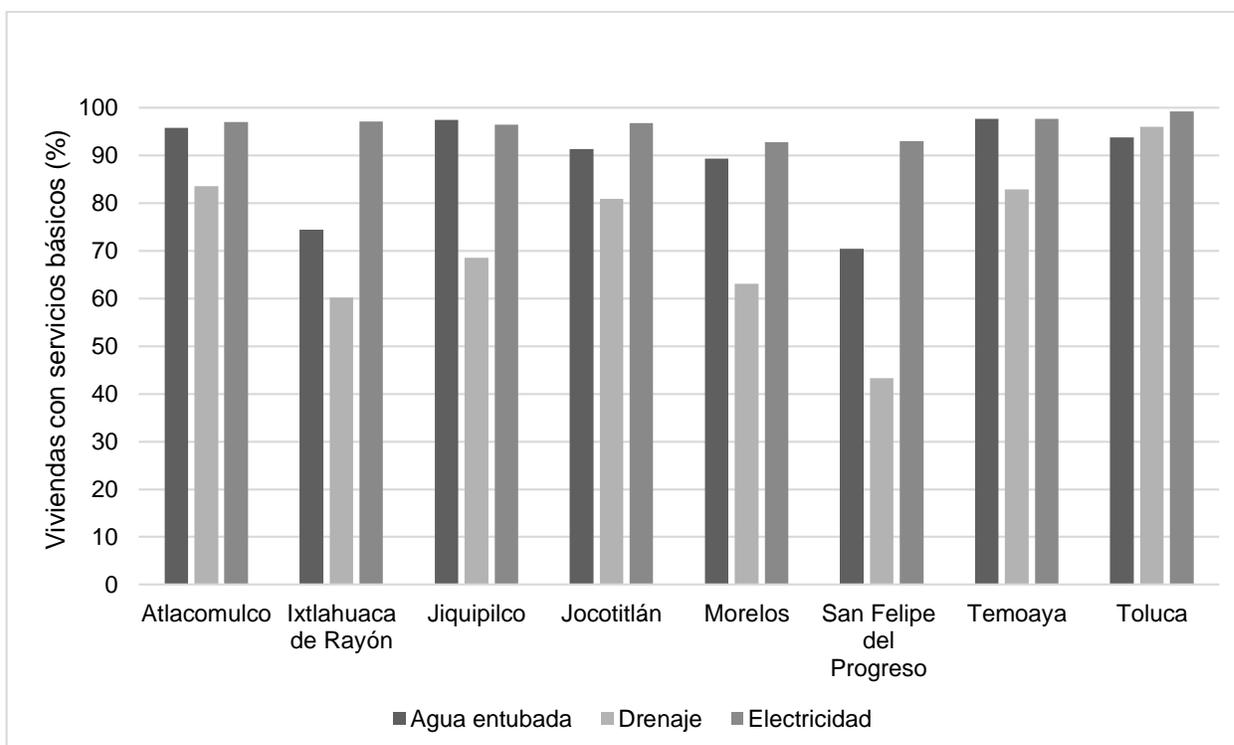


Figura 5. Servicios básicos de la vivienda de los municipios de estudio.

7.3 Diagnóstico preliminar

7.3.1 Elaboración del instrumento

Se identificaron los principales productores de hongos de la región con la finalidad de obtener información socioeconómica: población, densidad de población, migración, marginación, escolaridad, servicios básicos en la vivienda y población económicamente activa (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales componentes del cuestionario estructurado para el diagnóstico.

Etapas	Temas	Subtemas	Variables
I. Diagnóstico preliminar	1. Situación de la producción actual de hongos en la zona	1.1. Características de los productores	Edad, sexo, escolaridad, actividad principal, experiencia en el cultivo
		1.2. Características de las plantas de producción	Nivel tecnológico, proceso de producción, comercialización

7.3.2 Recopilación de la información

Se realizó un muestreo por voluntarios y se aplicó una encuesta diagnóstica a productores mediante un cuestionario estructurado, empleando la técnica de entrevista directa para poder recolectar información sobre variables cualitativas relacionadas con la producción de hongos, incluyendo canales de comercialización y necesidades particulares de los productores.

7.4 Análisis de las buenas prácticas de producción y manejo

7.4.1 Cadena de producción

Para el análisis realizado se tomó en cuenta la cadena de producción para hongos cultivados excluyendo la elaboración de inóculo y la comercialización (Figura 6).

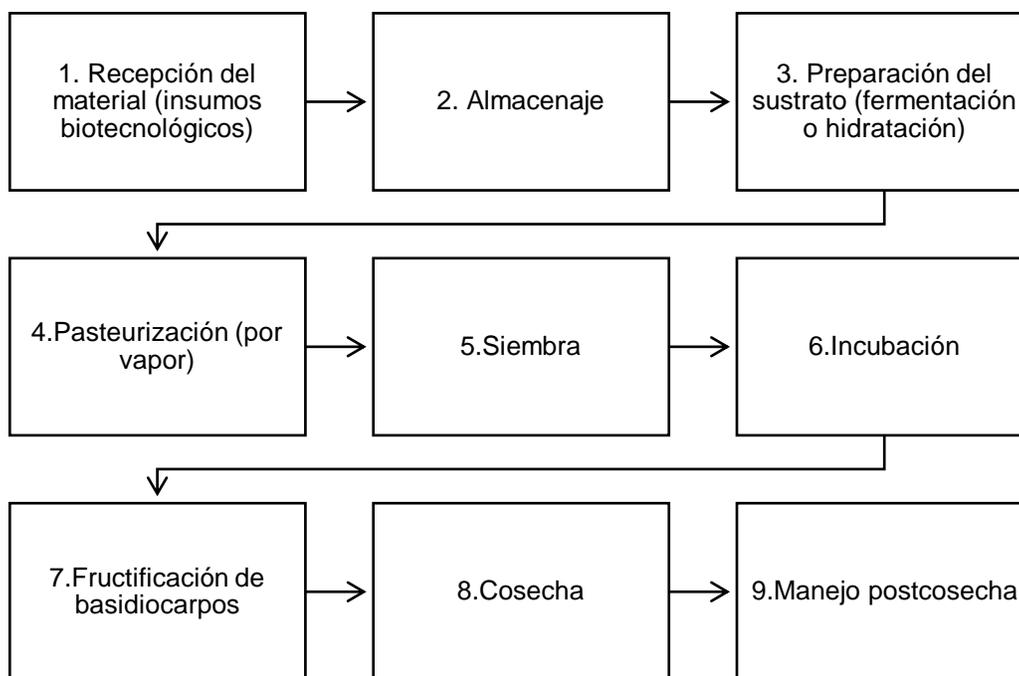


Figura 6. Etapas principales de la cadena de producción de hongos comestibles (Pintado *et al.*, 2012; Pardo *et al.*, 2013).

7.4.2 Elaboración del instrumento

La estructura del cuestionario se basó en la cadena de producción de los hongos y en el programa de buenas prácticas agrícolas de los hongos (Penn State and American Mushroom Institute, 2010). Se tomaron en cuenta 3 temas clave 1. Calidad y manejo de insumos biotecnológicos, 2. Fructificación de basidiocarpos, 3. Cosecha y postcosecha, los cuales se dividieron en subtemas y variables (Cuadro 4).

Cuadro 4. Temas y subtemas del cuestionario orientados a las buenas prácticas agrícolas y de inocuidad en relación con la producción de hongos comestibles.

Temas	Subtemas	Variables	Unidad de medida
1 Calidad y manejo de insumos biotecnológicos	1.1. Características y manejo del sustrato	Tipo, cantidad, tratamiento, etc.	Matriz de datos
	1.2. Características de calidad y manejo del micelio	Procedencia, cantidad utilizada, manipulación, etc.	
2. Fructificación de basidiocarpos	2.1. Infraestructura, material y espacios	Almacenamiento de los insumos de producción, inocuidad del agua, etc.	
	2.2. Capacitación y experiencia técnica	Químicos tóxicos, control de plagas, limpieza y sanidad, etc.	
3. Cosecha y postcosecha	3.1. Infraestructura, material y espacios	Señalizaciones, proveedores certificados, desechos, controles de prevención de contaminación cruzada, etc.	
	3.2. Manejo de la cosecha y postcosecha	Capacitación del personal, mantenimiento del equipo, seguridad del producto, etc.	

7.4.3 Recopilación de la información

Se realizó un muestreo por voluntarios y se aplicó una encuesta evaluativa a 10 productores mediante un cuestionario estructurado, empleando la técnica de entrevista directa para poder recolectar información sobre variables cualitativas relacionadas con las buenas prácticas de producción e inocuidad actuales. A cada productor se les asignaron números del 1 al 10 para su identificación. Las visitas a los productores se realizaron en los meses de abril-mayo de 2019.

7.4.4 Evaluación del instrumento de acuerdo a 3 niveles de riesgo

Para poder evaluar las respuestas de los instrumentos, a estas se les asignaron rangos con valor, de esta manera se generaron variables discretas con rangos cuyo valor se basó en una matriz de riesgo. **Nivel de riesgo I (75-100)**. Estos estándares representan el nivel de riesgo de contaminación más bajo, sin embargo, no se deben subestimar las acciones pertinentes para corregir las deficiencias. **Nivel de riesgo II (50-75)**. Se refiere a condiciones en las que puede haber riesgo de contaminación en áreas adyacentes a los cuerpos fructíferos, pero que no necesariamente pueden ser de alto riesgo para impactar directamente en la calidad del producto. **Nivel de riesgo III (25-50)**. Se refiere a condiciones en las que el riesgo de contaminación en áreas adyacentes a los cuerpos fructíferos y naves de fructificación puede tornarse de alto riesgo si no se toman medidas a corto o mediano plazo. Los niveles de riesgo se basaron en parte en un instrumento de autoevaluación de las buenas prácticas de Estados Unidos (Penn State, 2003).

7.4.5 Análisis de las variables cualitativas

Las preguntas abiertas se analizaron individualmente por sección en cada productor y a nivel grupal. Las preguntas cerradas (ordinales) se sometieron a calificación y estas se representaron en forma gráfica a nivel grupal y por secciones.

7.5 Fase de laboratorio

La fase de laboratorio se describe en la Figura 7.

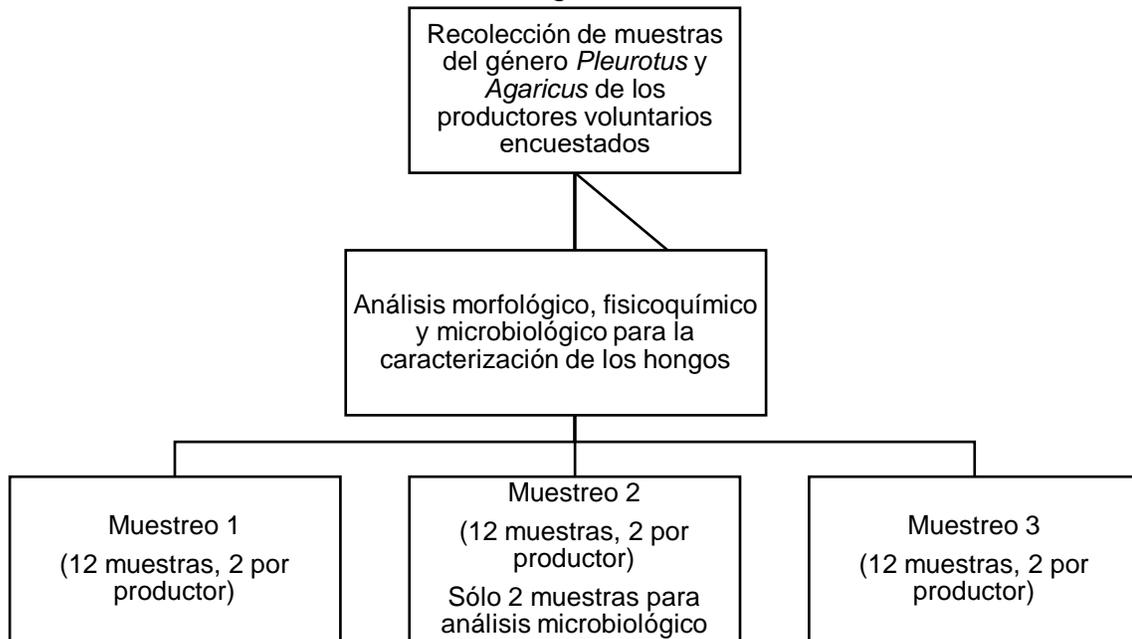


Figura 7. Diagrama de fase de laboratorio.

7.5.1 Descripción morfológica

Para entender la relación entre las buenas prácticas y la inocuidad, se realizó un análisis morfológico, fisicoquímico y microbiológico, de los hongos frescos a 7 productores voluntarios, en total se compraron y procesaron 16 muestras para el análisis. Para la toma de muestras se siguió la NOM-109-SSA1-1994 y cada muestra constaba de 500 g de hongo fresco. Estas se analizaron en la Plataforma de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales (pREGENHC) del Colegio de Postgraduados Campus Puebla, donde se describieron las siguientes características morfológicas (físicas) de cada muestra: Estadio, color, olor, frescura, apariencia, consistencia, daño o maltrato, contaminación aparente, diámetro del píleo, deshidratación del borde, presencia de esporas germinadas, diámetro y largo del estípite, y restos de sustrato en los hongos.

7.5.2 Descripción fisicoquímica

Se procedió a cortar 5 carpóforos de cada muestra, se colocaron 5 g en vasos por separado, posteriormente se homogenizaron con espátula y se agregaron 10 mL de agua destilada a cada vaso y utilizando un potenciómetro se midió el pH. Posteriormente se pesaron 5 g de cada muestra y se depositaron en charolas de aluminio durante 2 días a 100°C. Una vez secas las muestras se procedió a pesarlas y se restó el peso húmedo al seco, de esta forma se determinó el porcentaje de humedad y la muestra de hongo seco por cada 1000 g húmedos. Complementariamente se obtuvo el costo por gramo seco de cada muestra dividiendo el costo del kilo húmedo entre el peso seco en 1000 g de muestra.

7.5.3 Descripción microbiológica

Para la determinación de la calidad microbiológica de los cuerpos fructíferos se realizó un recuento de microorganismos aerobios mediante el método oficial AOAC 990.12 y el recuento de mohos y levaduras mediante el método oficial AOAC 997.02 con kits de Petrifilm™. Se pesaron 3 gramos de hongo y se depositaron en 27 mL de buffer para lograr la dilución 1/10, después se homogenizó con un rotor de 20 mm durante 2 minutos a 6000 rpm, se dejó reposar durante 4 minutos y se fue diluyendo de nuevo hasta alcanzar una dilución de 1/100,000. Una vez alcanzada la dilución, se tomó 1 mL de sobrenadante con una micropipeta y se inoculó en las placas Petrifilm™, 1ml para mesófilos aerobios, así como para mohos y levaduras. En total se realizaron 3 repeticiones por muestra. Una vez inoculadas y rotuladas, las placas Petrifilm™ de mesófilos aerobios se colocaron en una incubadora a 35°C durante 2 días; mientras que, las placas para mohos y levaduras se colocaron en una incubadora a 25°C durante 5 días. Los conteos se realizaron cada 24 horas.

7.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Tukey con un valor de significancia de $P \leq 0.05$ utilizando el programa SAS

University Edition (Statistical Analysis Software), de las variables del análisis microbiológico.

7.7 Fase de análisis (Estrategia)

Las estrategias determinadas con base en las deficiencias encontradas en las plantas de producción se muestran en la Figura 8.

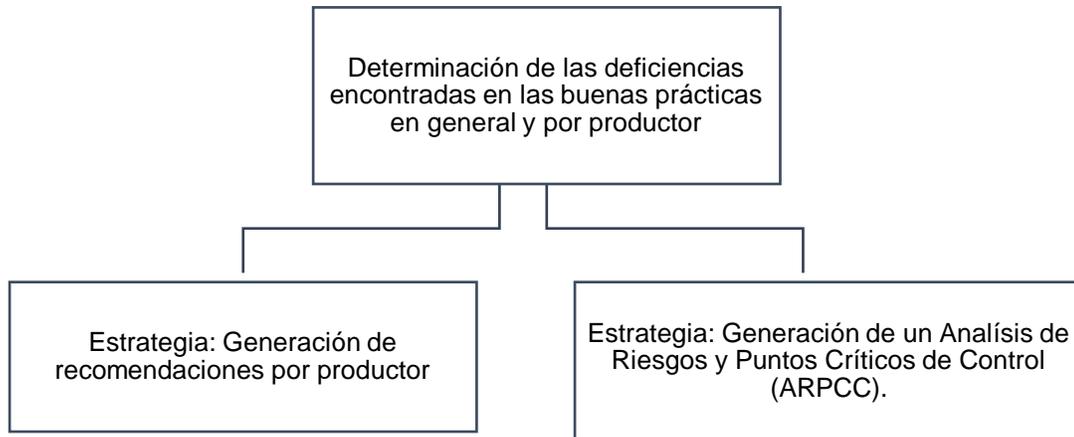


Figura 8. Diagrama de fase de análisis.

7.7.1 Generación de fortalezas y oportunidades por productor

Una vez analizadas las buenas prácticas se procedió a generar recomendaciones a cada productor dependiendo de sus deficiencias, con la finalidad de que lo implementen en su proceso de producción.

7.7.2 Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de control (ARPCC)

Los análisis de riesgos y puntos críticos de control tienen 7 principios básicos (Codex alimentarius, 1997), los cuales son 1: los análisis de peligros, 2: determinación de puntos críticos de control, 3: establecimiento de límites críticos, 4: establecimiento de un sistema de vigilancia, 5: establecimiento de medidas correctivas, 6: establecimiento de procedimientos de verificación para que el sistema ARPCC funcione correctamente, y 7: establecer un sistema de documentación sobre los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación. De los 7 principios básicos, en este estudio solamente se conformaron el 1,2 y 5, con base en los instrumentos evaluados

y el análisis de las preguntas, cuya calificación se ubicó en el nivel de riesgo III. Puntualmente se describieron las amenazas, acciones preventivas y correctivas.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Fase de campo

8.1.1 Diagnóstico preliminar

8.1.1.1 Características de las plantas de producción.

Los productores manifestaron que cultivan diversas especies de hongos comestibles, entre las que se encuentran variedades blancas, grises y rosas de *Pleurotus*, Melena de León (*Hericium erinaceus*), *Ustilago maydis*, Shiitake (*Lentinula edodes*), *Ganoderma*, y champiñón (*Agaricus* spp.) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies que cultivan las empresas y tiempo que llevan cultivando los productores visitados de hongos comestibles de la región de la región central de México.

No.	Principal hongo cultivado	Experiencia en el cultivo (años)
1	Setas y huitlacoche	15
2	<i>Pleurotus eryngii</i> , <i>Pleurotus</i> spp., champiñón y portobello	30
3	elabora y vende bolsa inoculada de <i>Pleurotus</i>	15
4	Seta gris, blanca y huitlacoche	16
5	Shiitake, <i>Ganoderma</i> , champiñón, portobello, melena de león, seta rosa	6
6	Seta, shiitake y <i>Ganoderma</i>	27
7	Seta blanca y gris	7

El tiempo que llevan cultivando hongos comestibles los productores de esta región va desde los 6 hasta los 30 años. Esto se ve de manifiesto por la cantidad de hongos que producen. La producción semanal de setas (*Pleurotus*) por cada productor va de 400 hasta 15,000 kg. Por otro lado, cada productor cuenta con un lugar donde venden los hongos. Además los venden en la Central de abastos en la Ciudad de México, tiendas comerciales como Walmart, Chedraui, Comercial Mexicana, Soriana, Mercados orgánicos en Toluca, Ixtlahuaca, Estado de Hidalgo, entre otros (Cuadro 6). Todos los productores entrevistados manifestaron interés en producir otro tipo de hongos además de las setas. De los productores entrevistados, tres producen su propia semilla

del hongo que cultivan, uno la compra a una compañía extranjera (Sylvan) y el resto a un productor de semilla de la región.

Cuadro 6. Lugar de venta, cantidad de hongos que producen y lugar de compra de semilla.

No.	Producción semanal (kg) por especie	Destino de venta	Interés en producir otro tipo de hongo comestible	Procedencia de la semilla de hongo
1	2500-3000kg de <i>Pleurotus</i>	Ixtlahuaca e Hidalgo, central de abastos y supermercados Walmart, mercados orgánicos, Soriana, Chedraui, Comercial Mexicana, Monterrey Mushrooms	Shiitake	Sylvan en Toluca
2	<i>Pleurotus</i> 3000kg, <i>P. eryngii</i> 30kg		<i>Flammulina</i> y hongos de especialidad	Elaboración propia
3	No produce hongo, sólo vende unidades de producción	Hongos Santa María	Mejoramiento genético, sustrato y su manejo	Jiquipilco
4	15000kg de <i>Pleurotus</i>	Ciudad de México	Seta blanca	Jiquipilco
5	10kg de shiitake, 40kg de champiñón, 25kg portobello	Mercados orgánicos en Toluca	<i>Morchella</i> , <i>Agaricus blazei</i> y <i>Calocybe</i>	Elaboración propia
6	400kg de <i>Pleurotus</i>	Autoconsumo, venta local	<i>Morchella</i> , Portobello, y seta blanca	Elaboración propia
7	2000kg de <i>Pleurotus</i>	Central de abasto	Sí	Ixtlahuaca de Rayón

Derivado de la producción de hongos comestibles de los productores entrevistados se puede hacer una proyección de cuanta cantidad de semilla utilizan semanal, mensual y anual (Cuadro 7). La cantidad de semilla semanal, mensual y anual que consumen estos productores es de 2,290, 9,160 y 109,920 kg respectivamente. La capacidad instalada de producción de semilla en la unidad de producción de semilla mejorada del Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla una vez que se encuentre a su capacidad máxima es de aproximadamente 9,920 kg semanales. Esto significaría que el consumo de semilla de estos productores sería el 23 % de la producción de semilla de la unidad del *Campus* Puebla.

Cuadro7. Proyección de consumo semanal, mensual y anual de semilla de hongos comestibles de los productores visitados.

*No	Producción semanal de hongo fresco(kg)	Consumo semanal de micelio (kg)	Consumo mensual de micelio (kg)	Consumo anual de micelio(kg)
1	2500-3000kg de <i>Pleurotus</i>	250	1,000	12,000
2	3000kg de <i>Pleurotus</i> y 30kg de <i>P. eryngii</i>	300	1,200	14,400
3	n/a	-	-	-
4	15,000kg de <i>Pleurotus</i>	1,500	6,000	72,000
5	10kg de shiitake, 40kg de champiñón, 25kg portobello	-	-	-
6	400kg de <i>Pleurotus</i>	40	160	1,920
7	2000kg de <i>Pleurotus</i>	200	800	9,600
	Total	2,290	9,160	109,920

*No: Número de productor, n/a: solamente produce micelio y lo vende.

8.1.1.2 Problemática detectada

Los productores tienen la práctica de mojar la seta para que tenga más peso al momento de la venta según los testimonios de los productores, pero esto perjudica la calidad del hongo y por ende el precio baja. Por su parte, los productores que no están de acuerdo con esto y que no siguen esta práctica también se están viendo afectados por ser de la región y tienen problemas al momento de buscar canales de comercialización.

Los hongos se componen por un 90 % de agua, y es por esta característica que en fresco son productos altamente perecederos. En el caso del género *Pleurotus* que es el que más se produce en la zona, es de los hongos que menos vida de anaquel tiene y saturándolos de agua esas características se pierden mucho más rápido, induciendo en tan solo horas la pudrición si no se refrigera. Para evitar esto existen otras alternativas como agregar valor al producto, tal como enlatar o secar los hongos (Villaescusa y Gil, 2003).

La producción va disminuyendo y es propensa a contaminación por *Trichoderma*, sobre todo en el caso de la seta blanca, esto debido principalmente a malas prácticas

de producción en las diferentes etapas y a una pobre calidad del micelio. También existe problema de mosca *Lycoriella* sp, en cuyo caso no se tiene el manejo adecuado para poder evitarla, además del abuso constante de insecticidas, que, en vez de ayudar, solamente inducen la generación de variedades genéticamente resistente (Zhou *et al.*, 2015). En algunos sitios se detectaron problemas de inocuidad y manejo del producto.

Los productores de seta en la región son diversos, hay pequeños, medianos y grandes, algunos de los pequeños y medianos venden su producto a los grandes quienes lo llevan a comercializar a la central de abastos de la Ciudad de México. Se observó en campo que no hay un buen manejo de las bolsas del sustrato residual, hay lugares donde se tienen arrumbadas en el campo en montones, y solo uno de los productores comentó que reutiliza el sustrato para siembra en el campo y el plástico de las bolsas lo llevan a reciclar. Estos podrían utilizar los sustratos desperdiciados para diferentes usos como la generación de composta para cultivo de plantas, la reintegración directa a campos agrícolas como materia orgánica, además de que el micelio sigue estando activo y tiene importantes propiedades fungicidas, bactericidas y nematocidas que pueden ayudar a los cultivos, incluso hay casos en los que el sustrato gastado se seca y se mezcla con saborizantes para darse de comer a rumiantes (Chiu, *et al.*, 2000).

El precio del hongo ha bajado tan dramáticamente que en la central de abastos de la CDMX el precio es de \$10 pesos por kilo. La venta directa a consumidores finales la realizan desde \$30 hasta \$45 pesos por kilo. La venta de bolsa inoculada la hacen en \$55 pesos. Es por ello que los productores deben buscar alternativas diferentes, como es el caso de expandir los mercados hacia otros lugares de la república, pensar seriamente en el valor agregado de productos como conservas u hongo deshidratado, incluso la exportación. En general los productores están dispuestos a formar un grupo de trabajo para apoyar la promoción de los hongos, así como recibir capacitación y asesoría. Se requiere hacer promoción para el consumo de hongos comestibles y que la población sepa cómo los puede consumir.

8.1.2 Análisis de buenas prácticas de la región central de México

En el presente trabajo se evaluaron las buenas prácticas de inocuidad a 10 productores en la región central de México, 6 de ellos aceptaron la venta y evaluación de muestras de hongo fresco para realizar un análisis comercial. Finalmente se propusieron algunos puntos de control crítico. Las evaluaciones de los productores se realizaron mediante la metodología descrita anteriormente.

En el análisis integrado de los diez productores solamente tres, el 1, 3 y 9, se posicionaron en la categoría de buenas prácticas, con un nivel de riesgo general bajo (nivel de riesgo I). Los productores restantes se posicionaron en la categoría de manejo razonable (nivel de riesgo II) como se muestra en la Figura 9. Cabe destacar que ninguno de los productores se ubicó en la categoría de nivel de riesgo III. Sin embargo, a pesar de que la evaluación de los productores es relativamente satisfactoria, es evidente que se necesita llevar a cabo un programa de monitoreo cuyo fin sea la certificación por instituciones nacionales como el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad (SENASICA), que es el órgano rector de los procesos de inocuidad en el país. También cabe recalcar que, aunque no existen normas específicas de la inocuidad en la producción de hongos, si existen ciertas similitudes con otros procesos de producción en cuanto a buenas prácticas se refiere, por lo que la NOM-251-SSA1-2009 puede ser una alternativa en ausencia de una norma propia de la producción de hongos. Por otro lado, a pesar de que las buenas prácticas en la producción tienen gran peso en la inocuidad del producto final, solamente son responsables en parte, ya que el transporte, la comercialización y el consumidor final juegan la otra mitad.

Dzingirayi y Korsten, (2016) realizaron un trabajo similar en el cual aplicaron encuestas para la evaluación de las buenas prácticas en la producción de hongos comestibles en Sudáfrica, encontrando que el promedio de 10 plantas productoras que encuestaron fue de riesgo medio y ninguna de las plantas productoras quedó en un nivel de riesgo 3. Con base en las deficiencias encontradas generaron recomendaciones al sector.

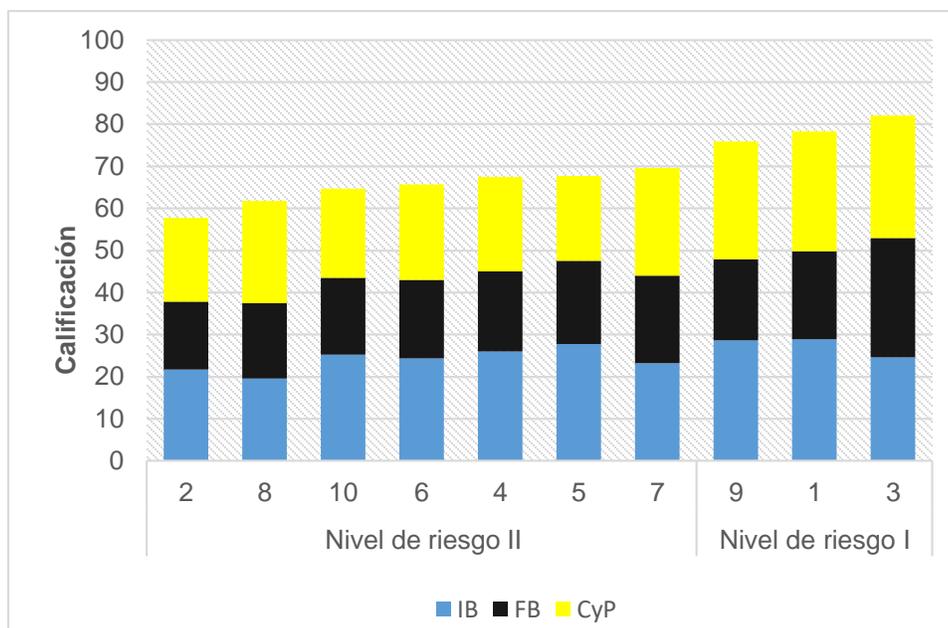


Figura 9. Calificaciones de los 10 productores ordenados de menos a mayor calificación y su clasificación de acuerdo al nivel de riesgo de inocuidad. *CyP=Cosecha y postcosecha. FB=Fructificación de basidiocarpos IB=Insumos biotecnológicos

8.1.2.1 Análisis general de los insumos biotecnológicos, fructificación de basidiocarpos, y la cosecha/postcosecha

La sección de insumos biotecnológicos fue la única a nivel grupal que se ubicó en la categoría de buen manejo por encima de 75 puntos, sin embargo, la obtención de micelio certificado fue una de las observaciones en esta sección, lo cual podría actuar como un importante cuello de botella de no tomar las medidas pertinentes, ya que es probablemente la base más importante del cultivo de los hongos (Martínez-Carrera *et al.*, 2007). Las secciones de fructificación de basidiocarpos, cosecha y postcosecha se ubicaron en la categoría de manejo razonable (nivel de riesgo II) ya que sus evaluaciones estuvieron por debajo del 75 y por encima de 50 como se muestra en la Figura 10. Pintado *et al* (2012) describen las buenas prácticas en secciones muy específicas sobre el cultivo exclusivamente de *Pleurotus*, por lo que sería conveniente en trabajos posteriores generar buenas prácticas específicas de variedades en particular. Penn State (2003) propone una autoevaluación de las buenas prácticas en la producción de los hongos, cuyo objetivo principal es ayudar a los productores a

visualizar y mejorar sus deficiencias, y prepararlos cuando sean auditados por las autoridades en la materia. Inga *et al.* (2016) evaluaron 3 aspectos de una empresa procesadora de champiñones frescos y obtuvieron los siguientes resultados: las buenas prácticas con un porcentaje de 82.38 %, las condiciones higiénicas con 69.6 % y el plan ARPCC con 72.3 %. Los 3 aspectos que evaluaron se basaron en normas vigentes de organismos rectores del Perú.

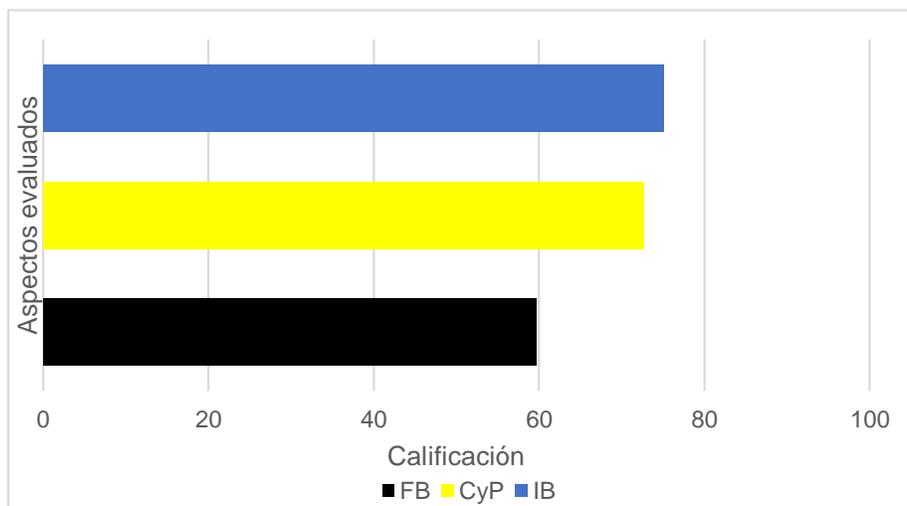


Figura 10. Calificaciones por sección para las buenas prácticas en la región de estudio. FB: fructificación de basidiocarpos, CyP: cosecha y postcosecha, IB: insumos biotecnológicos

8.1.2.2 Análisis general de la evaluación

De las 79 preguntas evaluadas pertenecientes a las 3 secciones, 15 fueron evaluadas con mal manejo, 27 con manejo razonable y 34 con buen manejo como se muestra en la Figura 11. Es clara la importancia que tiene el eslabón de la cadena de producción en la inocuidad del producto final, sin embargo, actualmente se está vislumbrando que la responsabilidad radica en toda la cadena, desde la producción, el consumidor y los gobiernos (Burlingame y Pineiro, 2007). Para los aspectos relacionados con la producción inocua de los hongos, existen principios importantes que tienen que ver con la prevención sobre algún riesgo de contaminación antes que tomar medidas cuando el problema ya está presente. Los hongos se pueden contaminar por el uso de productos animales, la higiene de los trabajadores y el agua utilizada, que son en general, los factores clave para evitar contaminación en la planta de producción (Penn

State, 2010). En 2013, la FDA generó el proyecto de modernización de los alimentos inocuos (FSMA), el cual involucra las buenas prácticas de la producción de alimentos, específicamente vegetales frescos con una base científica altamente especializada. Su premisa principal es la prevención de riesgos y se instauró después de más de 10 años de experiencia de la FDA e industria juntos (Strauss, 2011). Los instrumentos de diagnóstico de las buenas prácticas han sido utilizados por la industria de los alimentos durante años para poder identificar y subsanar deficiencias de procesos de producción e inocuidad (Dzingirayi y Korsten, 2016).

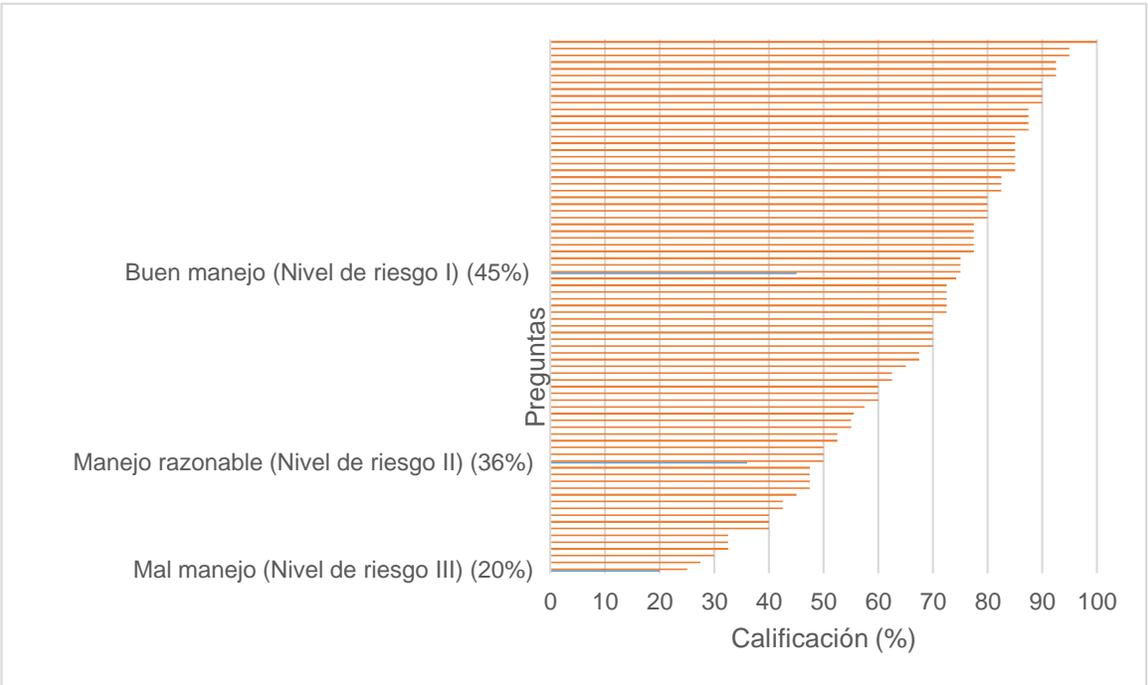


Figura 11. Porcentaje de preguntas en relación con las categorías de riesgo.

Las buenas y malas prácticas más relevantes que se encontraron en la región de estudio de acuerdo a las evaluaciones se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Buenas y malas prácticas más relevantes en las plantas de producción de hongos comestibles.

Buenas prácticas	Malas prácticas
Todos utilizan métodos térmicos para el tratamiento del sustrato.	No se cuenta con ningún tipo de filtración de aire en el área de sembrado del sustrato.
Área de herramientas utilizadas en el tratamiento del sustrato lejos del área de fructificación.	
La manipulación del sustrato se hace de manera completamente inocua.	Se detecta micelio con manchas y aspecto inusual.
El personal está capacitado para detectar micelio contaminado.	En ocasiones se utiliza micelio con manchas o aspecto inusual.
Se tienen pocos problemas de producción relacionados con el micelio.	
El micelio se transporta de manera segura sin riesgo de contaminación.	La planta no cuenta con plan de sanidad vigente.
Se utiliza regularmente micelio fresco.	
No hay áreas específicas para el resguardo de materiales de producción.	No existen protocolos resguardados sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y limpieza.
Los lugares de almacenamiento del sustrato se encuentran correctamente separados de los lugares de tratamiento del sustrato.	No hay sistema de documentación sobre las áreas que deben ser limpiadas o sanitizadas.
El interior de los edificios es regularmente limpiado	No hay documentación sobre procedimientos y frecuencias de limpiado e individuos responsables.
Los contenedores reusables y los cuchillos son limpiados regularmente después de cada uso.	
El agua utilizada para el funcionamiento de la planta es potable.	El agua utilizada no se analiza regularmente para químicos y microorganismos.
Los trabajadores están conscientes de que deben lavarse las manos después de ir al baño y después de estar en contacto con la tierra.	Los sistemas de tuberías no son inspeccionados regularmente.
A los trabajadores con heridas abiertas e infecciones en la piel se les prohíbe entrar a las naves.	Habitualmente los contenedores químicos no tienen instrucciones para su uso correcto.
Las cosas personales y la comida de los trabajadores están en áreas designadas fuera de las áreas de producción.	No existe un programa de control de pestes documentado.
Las puertas y ventanas están adecuadamente aseguradas para evitar la entrada de personal no autorizado.	Los lotes de hongo no tienen etiqueta de manera que no pueden ser rastreables.
La actividad de los trabajadores es adecuadamente inspeccionada para que no ponga en riesgo la calidad del producto.	No se utilizan lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos.
	Los esfuerzos de capacitación para la producción inocua no están abalados por firmas que sean expertas en el ramo.

Los lugares de cosecha están correctamente separados del o los lugares de tratamiento del sustrato.	
Los pisos son regularmente limpiados.	Los trabajadores no visten la ropa adecuada ni cubrimiento de cabello para estar en contacto con los hongos.
Los desechos son colocados en contenedores específicos y regularmente removidos.	
El tráfico vehicular está restringido para prevenir la contaminación cruzada.	No se cuenta con señalización sobre las áreas y las restricciones para los visitantes en las entradas.
El interior de las naves está limpio y con suficiente espacio para el movimiento de los trabajadores.	Los proveedores de contenedores como bolsas, cajas, cubetas, etc. No tienen documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad.
Los materiales de desecho son depositados y etiquetados en un contenedor que diariamente se vacía.	
Los contenedores de cosecha son exclusivos para ese fin y no se usan para desechos.	
Los contenedores de cosecha están intactos de manera que no tienen ninguna clase de astilla.	Los contenedores de hongo que se usan no previenen que se deposite alguna contaminación cruzada en el producto.
Los contenedores de cosecha son limpiados cada vez que son usados.	Los hongos no son movidos a áreas de refrigeración a más tardar 4 horas después de su cosecha.
Existen medidas de control para prevenir que las herramientas que se usan en el área de preparación de los sustratos no se usen en el área de fructificación.	
Las herramientas de limpieza son regularmente limpiadas y sanitizadas.	
Las reparaciones para edificios y equipo se hacen con material adecuado y permanente.	
Se previene que los contenedores para la cosecha de hongos no toquen el suelo mientras se empacan.	
Los hongos que se han caído al suelo o han tenido contacto con fluidos corporales son descartados o considerados contaminados.	

La implementación de las buenas prácticas en cualquier sistema agroalimentario va a tener un impacto muy positivo, ya que, en primera instancia va a eludir o retardar la contaminación del producto final ya sea por contaminantes físicos, químicos o microbiológicos (Cedillo-Portugal y Anaya-Rosales, 2018).

8.1.2.3 Áreas de oportunidad por productor

Los productores 2, 3, 7 y 8 tienen un área de oportunidad para mejorar aspectos importantes de la categoría de insumos biotecnológicos. Para la categoría de producción existe un área importante de oportunidad, ya que solamente el productor 3 alcanzó la calificación que dicta buen manejo para esta área, mientras que el productor 2 alcanzó la calificación de nivel crítico en esta sección, los demás productores se encontraron en niveles razonables. Para la categoría de cosecha y postcosecha los productores 1, 3, 7 y 9 presentan un buen manejo en esta sección, el resto presentan un nivel razonable como se muestra en la Figura 12.

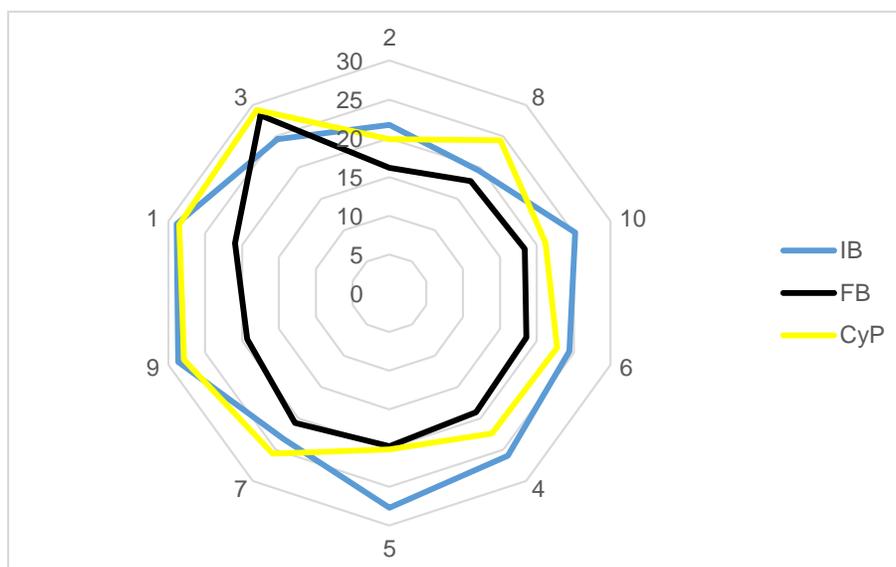


Figura 12. Áreas de fortaleza y oportunidad por productor en relación con las 3 secciones evaluadas. La escala que se presenta es de 0 a 33.3 porque se dividió 100 entre los 3 temas principales evaluados, sin embargo, como ningún productor tuvo calificación arriba de 90(30 dividido entre 3) la escala sólo llegó a 30 puntos. IB: insumos biotecnológicos, FB: fructificación de basidiocarpos, CyP: cosecha y postcosecha.

8.1.2.4 (Preguntas abiertas) Calidad y manejo de insumos biotecnológicos

Características y manejo del sustrato

El sustrato más utilizado por los productores en la producción de hongos es la paja de trigo (100 %), pero también se utilizan otros sustratos como el zacate, aserrín y algodón, esto debido principalmente a que la mayoría de la información disponible sobre la producción incluye la paja o el rastrojo de trigo, debido también a que en los lugares en los que se genera la información (manuales de cultivo o libros), es la materia prima mayormente disponible. El 60 % de los productores compra el sustrato, mientras que para el 40 % restante el sustrato constituye un insumo propio, sin embargo, algunas veces también lo compran.

La cantidad de sustrato que adquieren los productores para la siembra varía de los 300 kg a los 1000 kg y la mayoría de ellos manifiesta que no se presenta mayor problema para adquirirlo, excepto la disponibilidad de algunos sustratos y la distancia que se tiene que recorrer para conseguirlo. Referente a las áreas del procesamiento de sustrato el 80 % de los productores cuenta con un lugar de acondicionamiento del sustrato, área de tratamiento térmico o químico del sustrato y área de sembrado del sustrato, este alto porcentaje es debido a que son áreas indispensables para un manejo funcional de una planta productora.

En cuanto a la manera en que se manipula el sustrato al momento de adquirirlo, los productores indican que éste se resguarda en un lugar limpio, completamente seco y generalmente bajo un tejaban, ya que en la mayoría de los casos se necesita una reserva importante de materia prima para no estar adquiriendo cada vez que se va a producir, además de que el sustrato se debe mantener seco y limpio. Para la inoculación del sustrato, éste se saca de donde se tiene resguardado, se pasteuriza, se extiende y posteriormente se siembra.

Tipo de tratamiento utilizado

El tipo de tratamiento que se le da al sustrato es térmico. Este consiste en la elevación de la temperatura por encima de los 60°C en un túnel de pasteurización por vapor. El tiempo para el pretratamiento varía de 5 a 10 días. Este consiste en la utilización de nutrientes altos en nitrógeno, por lo que requieren realizar un composteo para lograr liberar el amonio del sustrato, además de ablandarlo y dejarlo más biodisponible. La variación depende de la cantidad de sustrato, el tipo y cantidad de nutrientes, etc., el tiempo utilizado en el tratamiento de sustrato es de 24 horas, mientras que la humedad del sustrato varía del 60 al 85 %, lo cual depende de diferentes factores como el tamaño de partícula del sustrato, la densidad, la cantidad de sustrato que se usa para cada unidad de producción, etc.

Características de la semilla

Los productores adquieren semilla de diferentes especies de hongos, pero destacan *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus*, *Hericiium erinaceus*, *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes*. De estas especies el 80 % de los productores la compra y solo el 20 % la produce. La cantidad de semilla utilizada ronda entre los 50 hasta los 650 kg y el precio promedio al que se adquiere es de \$30.00 pesos por kilogramo. Referente a la manera en que se manipula el micelio al momento de adquirirlo, los productores indican que una vez que se adquiere se reguarda en un lugar fresco y seco donde no se maltrate hasta que esté listo para usarse. En cuanto a la manipulación del micelio al momento de la siembra del sustrato los productores mencionan que se abren las bolsas de micelio, se checa que no tengan manchas, se rompe y después se va sembrando en capas en las bolsas de sustrato.

Fructificación de basidiocarpos

Unidades de producción

El tiempo promedio de incubación varía de los 10 a los 25 días, esto debido a diferentes factores como la especie cultivada, el tamaño de las unidades de producción y la

cantidad de inóculo utilizada. La temperatura promedio de incubación es de 25 °C, ya que es un clima templado y los productores no cuentan con calefacción, por otro lado, las especies que se cultivan son templadas e incuban en promedio a esa T°. El peso promedio de las unidades de producción es de 14 kg y el espacio promedio de separación entre unidades de producción va desde los 5 a los 15 cm. La separación entre unidades de producción es correcta, ya que al estar separadas para incubarse evita un proceso de termogénesis ocasionado por la generación de metabolismo de los hongos al comenzar a invadir el sustrato, de estar juntas seguramente se sobrecalentaría y presentaría problemas como contaminación y la muerte del micelio.

Almacenamiento de los insumos de producción.

El área de almacenamiento con los que cuentan los productores y donde se encuentran resguardados los insumos de producción normalmente está constituido por un tejaban de lámina, sin piso y sin paredes laterales.

Control de sanidad

Las áreas de limpieza y sanidad que regularmente atienden los productores son el área de siembra, área de tratamiento de sustrato, túneles, comedor y sanitarios, cabe señalar que son correctas estas prácticas debido a que son áreas de constante uso. El equipamiento con el que cuenta el área de baños es del 60 %, cuenta con ventilación adecuada y tiene puertas; el 80 % cuenta con agua limpia, jabón y botes de basura; únicamente el 20 % cuenta con papel de baño, toallas y con señalización para el lavado de manos, por lo tanto, se necesita un mejoramiento de las áreas de los sanitarios, ya que este lugar puede incurrir en prácticas graves de poca inocuidad para los hongos.

Etiquetado apropiado, uso y resguardo de los químicos tóxicos

Los químicos que utiliza comúnmente en la planta de producción son plaguicidas, cloro, alcohol y peróxido.

Presencia de plagas

En lo que refiere a la presencia de plagas, la mayoría de los productores mencionan que el riesgo de presencia de plagas es de bajo a medio y las plagas más comunes que se presentan en las unidades de producción son los ratones, las babosas, las moscas y las moscas micófagas, estas últimas pueden representar un alto riesgo en las unidades de producción, por lo que es indispensable un correcto manejo de la limpieza en las diferentes áreas. En el caso de la incubación, se debe evitar por completo la intromisión de moscas micófagas, en el área de fructificación es necesario desinfectar constantemente, desechar sustratos viejos, colocar lámparas y cintas adhesivas para controlar insectos.

Capacitación del personal

El 100 % de los productores menciona que contrata empleados para la producción de hongos comestibles. El número de empleados con los que cuenta cada productor varía: el 40 % de ellos cuenta con un solo empleado; el 20 % cuenta con 11 empleados: 20 % cuenta con 3 empleados y 20 % cuenta con 4 empleados. Estos empleados realizan todas las actividades que les son asignadas por el productor, entre las que se incluyen el manejo del sustrato, la siembra y la cosecha. El tiempo durante el cual se emplean es normalmente de 12 meses, en donde reciben un sueldo de \$100 a \$300 pesos diarios, el productor menciona que no se presenta ningún problema importante con los trabajadores, sin embargo, muchos de ellos no son constantes o se ausentan, dejando abandonado el trabajo.

Desechos de producción de los hongos

Los desechos que se generan durante el proceso de producción de los hongos incluyen al sustrato, plástico y hongos, los cuales se generan en gran cantidad (10-100 t anuales). A estos desechos generalmente se les asigna un uso agrícola, se vende o se recicla para evitar la acumulación.

En México, la implementación de las buenas prácticas en cualquier sistema agroalimentario es raro, debido en parte a que la producción primaria se dedica a abastecer mercados locales en donde no necesitan entrenarse para salvaguardar la inocuidad de los alimentos (Cedillo-Portugal y Anaya-Rosales, 2018).

Para los productores que ya están participando en los mercados nacionales e internacionales, es de suma importancia ofrecer productos sanos, especialmente cuando venden sus productos a cadenas de supermercados y exportan; y es por ello, que deben diseñar y desarrollar planes a mediano y largo plazo que les permita mejorar la sanidad de la producción, procesamiento y distribución de sus productos. Un programa de sanidad e inocuidad alimentaria en una unidad productiva, debe impulsar la capacitación en el mejoramiento de las condiciones de los trabajadores de campo, mejor conocidos en el ámbito rural como jornaleros agrícolas. El procesamiento de los productos del campo, requiere mano de obra más calificada, ya que en muchos de los casos se requieren conocimientos básicos de manejo postcosecha, tratamientos con frío, lavado y secado, manejo de equipo y maquinaria, empaque, almacenamiento y transporte a los centros de distribución.

8.2 Fase de laboratorio

8.2.1 Morfología de los basidiocarpos

8.2.1.1 Primer muestreo

Los basidiocarpos analizados se encontraron entre un estado juvenil y maduro. La mayoría de las muestras presentaron color amarillo pálido, se dividieron entre olor agradable y regular, la frescura y apariencia fueron muy variables, mientras que la mayoría tuvieron una consistencia buena. Sólo una de las muestras presentó un daño muy abundante, mientras que una de ellas presentó 15 insectos. El rango del diámetro del píleo fue de 4.5 a 11.1cm, presentándose el último en la muestra de portobello. Ninguna de las muestras presentó deshidratación del borde, estas se dividieron en enortijamiento parcial y nulo. Sólo las muestras del género *Agaricus* presentaron

escamas. Las muestras fueron muy variables en cuanto a la presencia de esporas germinadas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados del análisis comercial (físico) de los hongos analizados (1° muestreo).

Pro	Ge	Est	Color	Olo	Fre	Apa	Con	D.M	Co	PILEO				ESTIPIITE			
										Dia	D.B	Ens	Esc	E.G	Dia	Lar	R.S
5	Ple	Juv	A.Pa	Ag	Mbu	Bu	Bu	Es	Np	6.1	Nul	Par	Np	Np	2.1	3.1	Np
	Por	2,3,4	M.Gr	Reg	Bu	Bu	Bu	Es	Np	7.4	Np	Nul	Ab	Nul	1.6	1.8	Np
8	Ple	Juv	G.Am	Ag	Bu	Bu	Bu	Np	Np	6.1	Nul	Nul	Np	Es	1.6	1.8	Np
	Aga	1	Bl	Ag	Reg	Reg	Bu	Es	Np	4.5	Nul	Nul	Reg	Np	1.5	1.6	Np
2	Ple	Mad	A.Pa	Reg	Mal	Mal	Mal	Ab	Np	4.7	Nul	Par	Np	Reg	1.9	2.8	Reg
	Por	3,4,5	M.Gr	Reg	Bu	Bu	Bu	Np	Np	11.1	Nul	Nul	Reg	Nul	4	4	Np
10	Ple	Mad	A.Pa	Ag	Mal	Mal	Mal	Ab	Np	6.8	Nul	Par	Np	Ab	1.4	1.6	Np
	Ple	Juv	G.Am	Ag	Bu	Bu	Bu	Es	Np	4.3	Nul	Nul	Np	Np	1.7	4.6	Np
1	Ple	Juv	A.Pa	Ag	Reg	Bu	Bu	Es	Np	6.6	Nul	Nul	Np	Ab	1.6	3	Np
	Aga	1,2	A.Pa	Reg	Reg	Reg	Bu	Es	Np	4.9	Nul	Nul	Reg	Np	1.5	1.7	Np
7	Ple	Mad	A.Pa	Ag	Mal	Mal	Mal	Ab	15	6.6	Nul	Par	Np	Ab	2.5	3.7	Np
	Ple	Mad	G.Am	Reg	Mma	Mma	Mma	Mma	Np	5.9	Nul	Nul	Np	Np	1.4	2.3	Np

*Pro: Productor, Ge: género, Ple: *Pleurotus*, Por: Portobello, Aga: *Agaricus*, Est: Estadío, Juv: Juvenil, Mad: maduro, 1,2,3,4: Estadios de abertura del himenio de los agaricales, A.Pa: amarillo pálido, M.Gr: Marrón grisáceo, N.Mo: Naranja moderado, G.Am: Gris amarillento, B.Am: Blanco amarillento, M.Mo: Marrón moderado, Olo: olor, Ag: Agradable, Reg: Regular, Des: Desagradable, Fre: Frescura, Mbu: Muy buena, Bu: Buena, Mal: Mala, Apa: Apariencia, Con: Consistencia, D.M: Daño o maltrato, Nul: Nulo, Es: Escaso, Co: Contaminación, Np: No presenta, Dia: Diámetro, D.B: Deshidratación del borde, Ens: ensortijamiento: Par: Parcial, E.G: Esporas germinadas, Lar: Largo, R.S: Restos de sustrato.

8.2.1.2 Segundo muestreo

La mayoría de los basidiocarpos analizados se encontraban en estadio maduro. La mayoría de las muestras del Género *Pleurotus* tenían un color amarillo pálido, mientras que las muestras del género *Agaricus* presentaron un color blanco para el champiñón y marrón moderado para portobello. La mayoría de las muestras presentaron un olor agradable, fresca buena y sólo la mitad presentaron apariencia y consistencia buenas. La mayoría presentaron un daño abundante, sólo dos muestras presentaron contaminación por insectos y una por mohos. El rango del diámetro del píleo de las muestras fue de 4.3-10.8cm. La mayoría de las muestras no presentaron deshidratación del borde y un ensortijamiento parcial. Solo las muestras del género *Agaricus* presentaron escamas. Casi la mitad de las muestras presentaron esporas germinadas. El diámetro del píleo rondó entre 1.2 y 3 cm y el largo entre 1.5 y 5 cm. Solamente 2 muestras presentaron restos de sustrato (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados del análisis comercial (físico) de los hongos analizados (2° muestreo).

GENERAL		PILEO										ESTÍPITE					
Pro	Ge	Est	Color	Olo	Fre	Apa	Con	D.M	Co	Dia	D.B	Ens	Esc	E.G	Dia	Lar	R.S
5	Ple	Mma	A.Pa	Ag	Bu	Reg	Mal	Ab	Np	6	Nul	Par	Np	Es	1.7	2	Np
	Ple	Mad	A.Pa	Ag	Bu	Bu	Bu	Ab	3 in	6.15	Np	Reg	Np	Reg	2.1	2.5	Np
8	Ple	Mma	A.Pa	Ag	Mal	Mma	Mal	Mab	7 in	6.1	Nul	Reg	Np	Es	1.8	3.5	Np
	Por	3,4,5	M.Gr	Reg	Bu	Bu	Bu	Reg	Np	10.8	Nul	Nul	Ab	Np	3	5	Np
2	Ple	Mma	G.Am	Ag	Bu	Reg	Reg	Reg	Np	6.5	Nul	Par	Np	Reg	1.8	3.8	Np
	Ple	Mad	M.Gr	Ag	Bu	Bu	Bu	Reg	Np	4.8	Nul	Nul	Np	Np	2.3	6.8	Np
10	Ple	Mma	A.Pa	Reg	Reg	Mma	Mma	Ab	moho	4.3	Nul	Par	Np	Es	1.3	1.6	Np
	Ple	Juv	G.Am	Ag	Bu	Reg	Bu	Reg	Np	5.4	Nul	Ab	Np	Np	2.1	5.9	Np
1	Ple	Mad	A.Pa	Ag	Bu	Bu	Bu	Es	Np	4.3	Nul	Reg	Np	Np	1.2	2.7	Np
	Aga	4, 5	A.Pa	Reg	Reg	Bu	Bu	Es	Np	8.5	Nul	Nul	Reg	Np	1.7	1.5	Np
7	Ple	Mad	A.Pa	Reg	Mal	Mal	Reg	Ab	Np	4.9	Reg	Reg	Np	Reg	2.7	4.4	Es
	Ple	Mad	G.Am	Mag	Bu	Reg	Bu	Reg	Np	4.6	Nulo	Nul	Np	Reg	2.8	4.9	Reg

*Pro: Productor, Ge: Género, Ple: *Pleurotus*, Por: Portobello, Aga: *Agaricus*, Est: Estadio, Juv: Juvenil, Mad: Maduro, 1,2,3,4: Estadios de abertura del himenio de los agaricales, A.Pa: amarillo pálido, M.Gr: Marrón grisáceo, N.Mo: Naranja moderado, G.Am: Gris amarillento, B.Am: Blanco amarillento, M.Mo: Marrón moderado, Olo: olor, Ag: Agradable, Reg: Regular, Des: Desagradable, Fre: Frescura, Mbu: Muy buena, Bu: buena, Mal: mala, Apa: Apariencia, Con: Consistencia, D.M: Daño o maltrato, Nul: Nulo, Es: Escaso, Co: Contaminación, Np: No presenta, Dia: Diámetro, D.B: Deshidratación del borde, Ens: Ensorujamiento: Par: Parcial, E.G: Esporas germinadas, Lar: Largo, R.S: Restos de sustrato.

8.2.1.3 Tercer muestreo

La mayoría de los basidiocarpos analizados se encontraban en estadio juvenil. Gran parte de las muestras del género *Pleurotus* tenían un color amarillo pálido, mientras que la mayoría del género *Agaricus* tenían un color marrón moderado, esto debido a que casi todas esas muestras pertenecían la variedad portobello. Solamente una presentó un olor muy desagradable, mientras que la mayoría presentaron olor agradable. Casi todas presentaron una frescura, apariencia y consistencia buena y regular, solamente la muestra del control 3 (CO3) presentó un olor y frescura muy malos, mientras que la del control 1 (CO1) presentó una frescura, apariencia y consistencia muy buenas. La mayoría de las muestras presentaron un daño escaso, ninguna presentó contaminación aparente, el rango del diámetro de los píleos de las muestras fue de 3 a 7.5cm, ninguna presentó deshidratación del borde. La mitad presentó un ensortijamiento parcial, mientras que la otra mitad presentó un ensortijamiento nulo. Sólo las muestras del género *Agaricus* presentaron escamas, debido a que es una de sus características. Solamente la primera muestra del productor 7 presentó esporas germinadas. El rango del diámetro del estípite en todas las muestras fue de 0.9 a 1.8cm, el largo del estípite fue de 0.8 a 4.3cm. Solamente la muestra 1 del productor 10 presentó restos de sustrato como se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Resultados del análisis comercial (físico) de los hongos analizados (3° muestreo).

Pro	Ge	Est	GENERAL										PILEO					ESTÍPITE				
			Colo	Olo	Fre	Apa	Con	D.M	Co	Dia	D.B	Ens	Esc	E.G	Dia	Lar	R.S					
5	Ple	Juv	A.Pa	Ag	Bu	Bu	Bu	Bu	Nul	Np	Np	5.5	Nul	Par	Par	Np	Np	1.8	3.3	Np		
	Por	2,3,4	M.Gr	Ag	Bu	Bu	Bu	Bu	Es	Np	Ab	4.6	Nul	Par	Par	Ab	Np	1.4	1.4	Np		
8	Por	3	N.Mo	Des	Mal	Reg	Reg	Reg	Reg	Np	Np	5.0	Nul	Par	Par	Np	Np	1.1	2.9	Np		
	Ple	Juv	A.Pa	Reg	Reg	Reg	Reg	Mal	Es	Np	Np	4.4	Nul	Par	Par	Np	Np	1.1	2.9	Np		
2	Ple	Juv	A.Pa	Ag	Bu	Bu	Bu	Reg	Es	Np	Np	4.4	Nul	Nul	Nul	Np	Np	1.3	4.3	Np		
	Ple	Juv	G.Am	Ag	Reg	Reg	Reg	Bu	Es	Np	Np	2.8	Nul	Nul	Nul	Np	Np	1.1	3	Np		
10	Ple	Mad	G.Am	Ag	Reg	Reg	Reg	Bu	Reg	Np	Par	4.9	Nul	Par	Par	Np	Np	0.9	2.5	Reg		
	Ple	Juv	B.am	Ag	Bu	Bu	Bu	Bu	Es	Np	Par	3	Nul	Par	Par	Np	Np	1.2	1.9	Np		
1	Ple	Mad	A.Pa	Ag	Reg	Bu	Bu	Mal	Nul	Np	Nul	4.2	Nul	Nul	Nul	Np	Np	1.5	3.4	Np		
	Aga	2	A.Pa	Ag	Reg	Bu	Bu	Bu	Es	Np	Nul	4	Nul	Nul	Nul	Reg	NP	1.5	2	Np		
7	Ple	Mad	A.Pa	Reg	Reg	Reg	Reg	Bu	Es	Np	Nul	6.1	Nul	Nul	Nul	Np	Esc	1.6	1.9	Np		
	Ple	Juv	A.Pa	Ag	Bu	Bu	Bu	Reg	Es	Np	Nul	4.5	Nul	Nul	Nul	Reg	Np	1.6	1.6	Np		
CO1	Ple	Juv	A.Pa	Ag	Mbu	Mbu	Mbu	Nul	Nul	Np	Par	4.7	Nul	Par	Par	Np	Np	1.7	2	Np		
CO2	Por	1,2	M.mo	Ag	Bu	Bu	Bu	Bu	Es	Np	Nul	7.5	Nul	Nul	Nul	Reg	Np	1.7	2.5	Np		
			Mide	Mm																		
CO3	Por	4	M.Gr	s	al	Reg	Reg	Reg	Reg	Np	Nul	6.8	Nul	Nul	Nul	Reg	Reg	1.2	0.8	Np		

*Pro: Productor, Ge: género, Ple: *Pleurotus*, Por: Portobello, Aga: *Agaricus*, Est: Estadio, Juv: Juvenil, Mad: maduro, 1,2,3,4: Estadios de apertura del himenio de los agaricales, A.Pa: amarillo pálido, M.Gr: Marrón grisáceo, N.Mo: Naranja moderado, G.Am: Gris amarillento, B.Am: Blanco amarillento, M.Mo: Marrón moderado, Olo: olor, Ag: Agradable, Reg: Regular, Des: desagradable, Fre: fresca, Mbu: Muy buena, Bu: buena, Mal: mala, Apa: Apariencia, Con: Consistencia, D.M: Daño o maltrato, Nul: Nulo, Es: escaso, Co: contaminación, Np: No presenta, Dia: Diámetro, D.B: Deshidratación del borde, Ens: ensortijamiento: Par: Parcial, E.G: Esporas germinadas, Lar: Largo, R.S: Restos de sustrato.

8.2.2 Características fisicoquímicas de los hongos frescos

8.2.2.1 Primer muestreo

Se determinó el peso seco de las muestras para verificar el peso real que se obtiene al comprar 1 kilogramo de hongo fresco. Las muestras 1 y 2 de *Pleurotus* del productor 8 presentaron un contenido de humedad de 90.23 ± 0.87 y 93.54 ± 0.52 % respectivamente con la relación de precio por gramo seco más barata \$0.15 y \$0.23. La muestra de *Pleurotus* del Productor 2 presentó un contenido de humedad de 91.94 ± 1.32 %, con la relación de precio por gramo seco más cara \$1.24. La muestra de portobello del productor 5 presentó el contenido de humedad más elevado de todas las muestras 93.74 ± 0.34 %, con una relación de precio por gramo seco de \$0.80. El pH más bajo de las muestras del género *Pleurotus* fue de 5.87 ± 0.24 , mientras que el más alto fue de 6.57 ± 0.43 . En el caso de las muestras del género *Agaricus* el pH más bajo fue de 6.08 ± 0.15 , mientras que el pH más alto fue de 6.45 ± 0.25 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Precio por kilogramo, precio por kilogramo seco, pH, humedad y peso seco de las muestras de hongo por productor (1° muestreo).

Productor	Género	\$ x kg	\$ x gs	pH	Peso seco en 1000 g de hongo fresco	Humedad (%)
5	<i>Pleurotus</i>	20	0.22	5.94 ± 0.15	91.97 ± 9.75	90.80 ± 0.97
	<i>Agaricus</i> (port)	50	0.80	6.19 ± 0.12	62.51 ± 3.4	93.74 ± 0.34
8	<i>Pleurotus</i> 1	15	0.15	6.07 ± 0.03	97.67 ± 8.71	90.23 ± 0.87
	<i>Pleurotus</i> 2	15	0.23	6.57 ± 0.43	64.57 ± 5.27	93.54 ± 0.52
2	<i>Pleurotus</i>	100	1.24	6.08 ± 0.72	80.51 ± 13.95	91.94 ± 1.32
	<i>Agaricus</i> (port)	100	1.46	6.45 ± 0.25	68.46 ± 10.53	93.15 ± 1.05
10	<i>Pleurotus</i> 1	60	0.76	5.93 ± 0.24	78.89 ± 2.93	92.11 ± 0.29
	<i>Pleurotus</i> 2	35	0.53	5.85 ± 0.28	65.75 ± 2.85	93.42 ± 0.29
1	<i>Pleurotus</i>	50	0.57	6.23 ± 0.06	87.28 ± 4.78	91.27 ± 0.47
	<i>Agaricus</i>	50	0.63	6.14 ± 0.17	79.18 ± 3.85	92.08 ± 0.38
7	<i>Pleurotus</i>	80	0.82	5.87 ± 0.24	97.60 ± 5.76	90.23 ± 0.57
	<i>Agaricus</i>	80	1.05	6.08 ± 0.15	76.22 ± 4.95	92.37 ± 0.49

*Product: Productor, *Agaricus* (port): Portobello, números después del género: número de la muestra, \$ x kg: Precio por kilogramo húmedo, \$ x gs: Precio por gramo seco, número después del género: primera o segunda muestra de un productor.

8.2.2.2 Segundo muestreo

Las muestras 1 y 2 de *Pleurotus* del productor 8 presentaron un contenido de humedad de 88.61 ± 1.04 y 91.07 ± 0.26 % con la relación de precio por gramo seco más barata \$0.13 y \$0.17. Las muestras 1 y 2 de *Pleurotus* del productor 2 presentaron un contenido de humedad de 91.80 ± 0.70 y 91.29 ± 0.53 %, con la relación de precio por gramo seco más cara \$1.22 y \$1.15. La muestra de *Agaricus* variedad portobello del productor 1 presentó el contenido de humedad más elevado de todas las muestras 92.30 ± 0.68 %, con una relación de precio por gramo seco de \$0.65. El pH más bajo de las muestras del género *Pleurotus* fue de 5.42 ± 0.34 , mientras que el más alto fue de 7.57 ± 0.56 . En el caso de las muestras del género *Agaricus* el pH más bajo fue de 6.25 ± 0.33 , mientras que el pH más alto fue de 6.47 ± 0.22 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Precio por kilogramo, precio por kilogramo seco, pH, humedad y peso seco de las muestras de hongo por productor (2° muestreo).

Product	Género	\$ x kg	\$ x gs	Ph	Peso seco en 1000 g de hongo fresco	Humedad (%)
5	<i>Pleurotus1</i>	20	0.20	5.74 ± 0.18	97.85 ± 5.2	90.21 ± 0.5
	<i>Pleurotus2</i>	50	0.46	6.15 ± 0.29	108.32 ± 43.6	89.16 ± 4.3
8	<i>Pleurotus1</i>	15	0.13	6.09 ± 0.05	113.86 ± 10.4	88.61 ± 1.0
	<i>Pleurotus2</i>	15	0.17	5.42 ± 0.34	89.29 ± 2.64	91.07 ± 0.2
2	<i>Pleurotus1</i>	100	1.22	6.30 ± 0.51	81.94 ± 7.06	91.80 ± 0.7
	<i>Pleurotus2</i>	100	1.15	6.43 ± 0.22	87.00 ± 5.36	91.29 ± 0.5
10	<i>Pleurotus1</i>	60	0.51	7.57 ± 0.56	118.74 ± 21.8	88.12 ± 2.1
	<i>Pleurotus2</i>	35	0.41	6.45 ± 0.18	85.28 ± 8.55	91.47 ± 0.8
1	<i>Pleurotus</i>	50	0.60	6.55 ± 0.39	83.33 ± 5.45	91.66 ± 0.5
	<i>Agaricus</i> (port)	50	0.65	6.25 ± 0.33	76.96 ± 6.86	92.30 ± 0.6
7	<i>Pleurotus</i>	80	0.79	5.85 ± 0.24	101.78 ± 8.71	89.82 ± 0.8
	<i>Agaricus</i> (port)	80	1.01	6.47 ± 0.22	79.47 ± 14.26	92.05 ± 1.4

Product: Productor, *Agaricus* (port): Portobello, números después del género: número de la muestra, \$ x kg: Precio por kilogramo húmedo, \$ x gs: Precio por gramo seco, número después del género: primera o segunda muestra de un productor.

8.2.2.3 Tercer muestreo

Las muestras 1 y 2 de *Pleurotus* del Productor 2 presentaron un contenido de humedad de 93.56 ± 0.46 y 89.50 ± 1.38 %, con la relación de precio por gramo seco más barata \$0.23 y \$0.14. La muestra del control comercial 1 de *Pleurotus* presentó un contenido

de humedad de 90.88 ± 0.46 %, con la relación de precio por gramo seco más cara \$1.09. La muestra de *Agaricus* variedad portobello del control comercial 2 presentó un contenido de humedad de 89.30 ± 1.30 %, con la relación de precio por gramo seco más barata \$.78, mientras que el control comercial 3 presentó un contenido de humedad de 94.99 ± 1.21 %, con la relación de precio por gramo seco más cara \$1.80. El pH más bajo de las muestras del género *Pleurotus* fue de 5.57 ± 0.05 , mientras que el más alto fue de 6.94 ± 0.06 . En el caso de las muestras del género *Agaricus* el pH más bajo fue de 6.14 ± 0.18 , mientras que el pH más alto fue de 7.92 ± 0.71 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Precio por kilogramo, precio por kilogramo seco, Ph, humedad y peso seco de las muestras de hongo por productor (3° muestreo).

*Product: Productor, CO: Control, *Agaricus* (port): Portobello, números después del género: número de la muestra, \$ x kg: Precio por kilogramo húmedo, \$ x gs: Precio por gramo seco, Número después del

Product	Género	\$ x kg	\$ x gs	Ph	Peso seco en 1000 g de hongo fresco	Humedad (%)
1	<i>Pleurotus</i>	20	0.31	6.94 ± 0.06	64.35 ± 2.34	93.55 ± 0.20
	<i>Agaricus bis.</i>	50	0.67	6.14 ± 0.18	74.44 ± 3.22	92.77 ± 0.20
2	<i>Pleurotus 1</i>	15	0.23	5.68 ± 0.10	63.97 ± 3.49	93.56 ± 0.46
	<i>Pleurotus 2</i>	15	0.14	5.74 ± 0.14	105.22 ± 9.94	89.50 ± 1.38
5	<i>Pleurotus 1</i>	100	0.98	5.679 ± 0.08	101.6 ± 10.24	90.18 ± 0.48
	<i>Pleurotus 2</i>	100	1.04	6.85 ± 0.10	95.85 ± 7.93	90.42 ± 0.87
7	<i>Agaricus</i> (port)	60	1.28	6.86 ± 0.26	46.75 ± 24.85	95.06 ± 3.36
	<i>Pleurotus</i>	35	0.58	5.79 ± 0.07	59.87 ± 5.76	94.25 ± 0.67
8	<i>Pleurotus 1</i>	50	0.55	5.57 ± 0.05	89.37 ± 2.93	90.94 ± 0.34
	<i>Pleurotus 2</i>	50	0.77	6.6 ± 0.01	64.58 ± 5.28	93.80 ± 0.10
10	<i>Pleurotus 1</i>	80	0.76	5.81 ± 0.12	104.3 ± 17.08	88.87 ± 1.96
	<i>Pleurotus 2</i>	80	0.74	5.61 ± 0.07	107.5 ± 10.85	89.38 ± 1.08
CO1	<i>Pleurotus</i>	100	1.09	6.13 ± 0.05	91.15 ± 4.61	90.88 ± 0.46
CO2	<i>Agaricus</i> (port)	84	0.78	6.70 ± 0.31	106.9 ± 13.03	89.30 ± 1.30
CO3	<i>Agaricus</i> (port)	91.6	1.82	7.92 ± 0.71	50.08 ± 12.12	94.99 ± 1.21

género: primera o segunda muestra de un productor.

El productor 8 tuvo en los muestreos 1 y 2 presentó una relación de precios por gramo seco más baratas en sus muestras. Las muestras del productor 2 en el muestreo 2 y 3 fueron contrastantes, ya que primero tuvo la relación de precio por gramo seco más cara y en el siguiente fue la más barata.

García *et al.* (2014) compararon porcentajes de humedad de *Pleurotus* fresco de diferentes países incluido México cuyo rango fue de 81.8 y 91.8 %. Cortes *et al.* (2011) reportaron un porcentaje de humedad de entre 90 y 94 % para muestras de *Pleurotus* fresco. Khan *et al.* (2008) reportaron porcentajes de humedad de diferentes especies del género *Pleurotus* cultivados en Bangladesh de 85.6 y 87.2 %. De la N. *et al.* (2004) reportaron porcentajes de humedad de 88.5 % para *Pleurotus ostreatus* y de 90% para *Pleurotus eryngii*. A pesar de que el kilo de hongo fresco resultó de bajo precio en algunos casos en la presente investigación, una de las problemáticas asociadas a la venta de seta en la región es sobre hidratar el hongo para aumentar su peso, y aunque para los consumidores resulte atractivo el precio, aumenta el riesgo de que se contamine fácilmente por exceso de humedad, sin embargo, los porcentajes de humedad descritos no difieren de los reportados por otros autores. Reis *et al.* (2012) reportaron porcentajes de humedad de 91.27 % para muestras de champiñón fresco y 91.64 % para muestras de portobello fresco.

Cabe destacar que el porcentaje de humedad encontrado en los hongos del género *Agaricus* no está asociada a prácticas desleales de mercado, por lo que es descartable la posibilidad de que la práctica de sobre hidratado de estas muestras esté latente. Vera y Gélvez (2011) reportaron pH por encima de 6 para muestras de *Pleurotus*. García *et al.* (2014) reportaron un rango de pH de 5.20 y 6.30 para muestras de *Pleurotus* de diferentes lugares en Colombia.

Los factores fisicoquímicos pueden afectar de manera importante la inocuidad del producto (De Roever, 1998), y entre los más relevantes en cuanto a la aparición de patógenos en el manejo postcosecha son el pH y la T° de refrigeración, así como la actividad antimicrobiana propia del producto fresco (Lund, 1992). Además, el crecimiento de patógenos como *Shigella* o *E. coli* 157:H7 es inhibido en pH ácido (De Roever, 1998), por lo que las muestras analizadas son fácilmente propensas a estos.

8.2.3 Características microbiológicas

8.2.3.1 Primer muestreo (Prueba exploratoria)

Se realizó un análisis microbiológico como se indica en la metodología. En esta prueba exploratoria casi no se pudieron contabilizar colonias de microorganismos debido a que las diluciones seleccionadas no fueron lo suficientemente amplias para que se pudieran contabilizar las colonias bacterianas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados del análisis microbiológico para mesófilos aerobios y mohos y levaduras de los hongos analizados del 1° muestreo.

Productor	Especie	Dilución	Mesófilos aerobios (10 ⁴)		Mohos y levaduras (10 ⁴)	
			24h	48h	72h	120h
5	<i>Pleurotus</i>	1/100	MNPC	MNPC	MNPC	MNPC
		1/1000	MNPC	MNPC	MNPC	MNPC
	<i>Agaricus portobello</i>	1/1000	MNPC	MNPC	10.16±5.8	MNPC
8	<i>Pleurotus 1</i>	1/100	1.3±0.87	MNPC	MNPC	MNPC
		1/1000	0.93±0.68	MNPC	0.55±0.21	MNPC
	<i>Pleurotus 2</i>	1/100	MNPC	MNPC	MNPC	MNPC
2	<i>Pleurotus</i>	1/1000	17.5±15.6	MNPC	MNPC	MNPC
		1/1000	0.16±0.0577	MNPC	2.7±0.65	MNPC
	<i>Agaricus portobello</i>	1/1000	15.9±3.0	MNPC	MNPC	MNPC
10	<i>Pleurotus 1</i>	1/1000	MNPC	MNPC	12.4000±0.8	MNPC
	<i>Pleurotus 2</i>	1/100	MNPC	MNPC	MNPC	MNPC
1	<i>Pleurotus</i>	1/100	0.82±0.51	MNPC	MNPC	MNPC
		1/1000	0.85±0.81	MNPC	0.35±0.23	MNPC
	<i>Agaricus</i>	1/1000	50.6±5.7	MNPC	MNPC	MNPC
7	<i>Pleurotus</i>	1/100	MNPC	MNPC	MNPC	MNPC
	<i>Agaricus</i>	1/100	MNPC	MNPC	MNPC	MNPC
		1/1000	MNPC	MNPC	MNPC	MNPC

*Dilución: Número de veces que fue diluida la muestra en buffer, 24h: significa que el conteo de colonias de mesófilos aerobios se realizó a las 24 horas posteriores a la siembra de las placas petrifilm. 48h: significa que el conteo de colonias de mesófilos aerobios se realizó a las 48 horas posteriores a la siembra de las placas petrifilm. 72h: significa que el conteo de colonias de mohos y levaduras se realizó a las 72 horas posteriores a la siembra de las placas petrifilm. 120h: significa que el conteo de colonias de mohos y levaduras se realizó a las 120 horas posteriores a la siembra de las placas petrifilm, MNPC: Muy numeroso para contar.

8.2.3.2 Segundo muestreo (selección de la dilución)

En el segundo muestreo solamente se seleccionaron 2 muestras del productor 2 y el 10 para poder determinar con base en la prueba exploratoria del primer muestreo, que diluciones superiores se podían adaptar a las muestras de hongo fresco (Cuadro 16).

Cuadro 16. Resultados del análisis microbiológico para mesófilos aerobios y mohos y levaduras de los hongos analizados del 2° muestreo.

Product	Especie	Dilución	Mesófilos aerobios (10 ⁶)		Mohos y levaduras (10 ⁶)	
			24h	48h	72h	120h
2	<i>Pleurotus</i>	1/50,000	23.1±13.8	27±0	4.5±3.5	50.7±1.37
		1/100,000	24.±4.7	42±0	1.1±1.41	9.15±5.5
10	<i>Agaricus (porto)</i>	1/50,000	0.07±0.1	0.22±0.31	0.27±0.17	1.45±1.6
		1/100,000	0	0	0	2.2±1.41

*Product: Productor, Dilución: Número de veces que fue diluida la muestra en buffer, 24h: significa que el conteo de colonias de mesófilos aerobios se realizó a las 24 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm. 48h: significa que el conteo de colonias de mesófilos aerobios se realizó a las 48 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm. 72h: significa que el conteo de colonias de mohos y levaduras se realizó a las 72 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm. 120h: significa que el conteo de colonias de mohos y levaduras se realizó a las 120 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm.

8.2.3.3. Tercer muestreo (Prueba definitiva)

Con base en la prueba de selección de la dilución, se determinó que la dilución 1/100,000 era la indicada. En el análisis de mesófilos aerobios, las muestras del género *Agaricus* y *Pleurotus* del productor 7 mostraron diferencias estadísticamente significativas en el conteo de UFC/g de muestra, llegando en 48 horas a contabilizarse $52.75 \pm 17.74 \times 10^6$ y $56.9 \pm 2.82 \times 10^6$, por lo que fueron las más altas, mientras que las demás muestras no tuvieron diferencias estadísticamente significativas. La muestra 1 de *Pleurotus* del productor 10 fue la de menor carga microbiana con $0.1 \pm 0 \times 10^6$ a las 48 horas. En el análisis de mohos y levaduras las muestras de *Ustilago maydis* del control comercial 0 y la de *Pleurotus* del control comercial 1 mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con las demás muestras, llegando en 120 horas (5 días) a contabilizarse $20.6 \pm 3.1 \times 10^6$ y $20.3 \pm 0 \times 10^6$ respectivamente. Para la muestra de *Pleurotus* del Control comercial1 llegaron a contabilizarse también

en 5 días 20.3×10^6 UFC/g de muestra. La muestra de *Pleurotus* del productor 5 fue la que tuvo el menor conteo a las 120 horas el cual fue 0.03×10^6 como se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Resultados del análisis microbiológico para mesófilos aerobios y mohos y levaduras de los hongos analizados del 3° muestreo.

Product	Especie	Mesófilos aerobios (10^6)		Mohos y levaduras (10^6)	
		24h	48h	72h	120h
1	<i>Pleurotus</i>	1.1±0a	1.6±0a	0.36±0.32a	0.96±0.45a
	<i>Agaricus bisporus</i>	0.13±0.11a	1.63±0.11a	1.9±0.75a	2.73±0.86a
2	<i>Pleurotus 1</i>	14.9±12.48a	16.6±13.77a	0.83±0.80a	1.23±0.40a
	<i>Pleurotus 2</i>	0.13±0.15a	0.26±0.37a	0.16±0.15a	6.13±9.32a
5	<i>Pleurotus 1</i>	.33±.40a	2.366±3.57a	0±0a	0.03±0.05a
	<i>Pleurotus</i>	0.1±0.1a	0.56±0.37a	0.53±0.61a	1.26±1.41a
7	<i>Agaricus(por)</i>	44.5±15.09b	52.75±17.74b	1.46±0.51a	5.33±1.05a
	<i>Pleurotus</i>	39.65±38.23b	56.9±2.82b	0.8±0.26a	1.25±0.35a
8	<i>Pleurotus 1</i>	1.4±1.97a	6.65±4.17a	4.2±4.70a	5.4±5.54a
	<i>Pleurotus 2</i>	23.5±0ab	25±0a	6.53±2.83ab	7.9±3.03a
10	<i>Pleurotus 1</i>	0.1±0a	0.1±0a	0.2±0.26a	1.66±2.54a
	<i>Pleurotus 2</i>	2.56±2.46a	3.16±2.60a	0.4±0.36a	5.6±6.94a
Co0	<i>Ustilago maydis</i>	13.36±8.03a	19±11.30	17.7±3.01b	20.6±3.1b
Co1	<i>Pleurotus</i>	10.75±1.76a	15.6±6.64a	0.2±0a	20.3±0b
Co2	<i>Agaricus(porto)</i>	0.4±0.14a	21.05±0.77a	2.8±0.70a	4.85±0.49a
Co3	<i>Agaricus(por)</i>	1.4±0.35a	2.42±0.24a	1.4±0.35a	2.42±0.24a

*Product: Productores, 24h: significa que el conteo de colonias de mesófilos aerobios se realizó a las 24 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm. 48h: significa que el conteo de colonias de mesófilos aerobios se realizó a las 48 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm. 72h: significa que el conteo de colonias de mohos y levaduras se realizó a las 72 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm. 120h: significa que el conteo de colonias de mohos y levaduras se realizó a las 120 horas posteriores de la siembra de las placas petrifilm. Co: significa controles.

Kim *et al.* (2016) reportaron conteos de mesófilos aerobios para shiitake fresco de 31.6×10^6 . García *et al.* (2014) reportaron conteos de mesófilos aerobios de 8.9×10^3 . Venturini *et al.* (2011) reportaron conteos de mesófilos aerobios para *Pleurotus ostreatus* de 0.19×10^6 , para *Agaricus bisporus* 50.1×10^6 y para portobello de 251.18×10^6 . En el caso de mohos y levaduras para *Pleurotus ostreatus* reportaron 0.033×10^6 , de *Agaricus bisporus* 0.0015×10^6 y de Portobello 0.0056×10^6 . Estos datos difieren notablemente con los del presente estudio.

Los mesófilos aerobios como pseudomonas crecen mejor en ambientes arriba de pH 4.5, mientras que un pH ácido favorece el crecimiento de mohos y levaduras. Una buen T° de preservación ayuda a parar la proliferación de ambos grupos (Barth *et al.*, 2009). Para poder reducir la posibilidad de infección de los alimentos durante el manejo

postcosecha, específicamente se han practicado varias técnicas como el uso de luz UV, plasma atmosférico frío, peróxido de hidrógeno, ácidos orgánicos, entre otros (Olaimat y Holley, 2012).

Los principales patógenos asociados con alimentos frescos son *Salmonella* y *E. Coli 157:H7* (Warriner *et al.*, 2009), por lo que sería necesario realizar análisis más específicos para ver si existe la presencia de estos. El crecimiento de mohos, levaduras y bacterias comunes es frecuente en los alimentos frescos (Beuchat, 2002), es por ello que no debe haber alarma sobre si hay microorganismos en los alimentos.

Las levaduras pueden ser anaerobias facultativas, por lo que pueden crecer fácilmente tanto en ambientes con oxígeno como en ambientes con concentraciones altas de CO₂, mientras que los mohos son estrictamente aerobios (Molin, 2000). De acuerdo a las legislaciones de Alemania y Francia, para el caso de ensaladas listas para comer, el límite máximo permitido para mesófilos aerobios es 50×10^6 (Lund, 1992). El gobierno español documenta como límites máximos conteos de 10^6 , 0.1^6 y 0.001^6 para mesófilos aerobios, levaduras y mohos respectivamente. En México, la NOM-093-SSA1-1994 establece límites máximos permisibles de 15×10^6 en ensaladas listas para comer, por lo que, si extrapolamos esas normas a hongos frescos, todas las muestras serían permisibles en Alemania y Francia, mientras que en España 10 de las 16 muestras serían permisibles y en el caso de México solamente serían permisibles 3 muestras de las 16 muestras para mesófilos aerobios. Para el caso de mohos y levaduras en el caso de España solamente dos de las muestras procesadas no serían viables. La comisión internacional de especificaciones de especificaciones microbiológicas para alimentos (ICMSF por sus siglas en inglés) no especifica el límite de mesófilos aerobios para vegetales frescos en los que se incluyen los hongos (ICMSF, 1986).

8.3 Estrategia

8.3.1 Fortalezas y oportunidades de cada productor

Productor 1

a) Calidad y manejo del sustrato. El desempeño en cuanto a la calidad y manejo del sustrato es excelente.

b) Calidad y manejo del micelio. Tiene un desempeño excelente, esto debido probablemente a su experiencia como cultivador y buen conocimiento, por lo que tampoco hay recomendaciones para darle.

c) Fructificación de basidiocarpos. Tiene un bajo desempeño por lo que se le recomienda tener un sistema de documentación de las áreas que deben ser limpiadas o sanitizadas, usar ropa adecuada y en caso de ser necesario guantes para la desinfección, limpiar baños todos los días contar con señalización en el baño sobre lavarse las manos después de ser usado, analizar el agua utilizada en la producción regularmente para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente los sistemas de tuberías, etiquetar y poner instrucciones, además de resguardar apropiadamente los químicos tóxicos utilizados, contar con programa de control de plagas documentado, contar con un programa sobre reclamo del producto, utilizar lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos, realizar un programa de capacitación sobre alimentos para los nuevos empleados, sesiones regulares de nuevas capacitaciones y en la medida de lo posible que estén avaladas por firmas reconocidas, tener precaución sobre el uso de joyas y otros objetos en los trabajadores que pudieran caer en la producción, prohibir masticar chicle, comer, beber o fumar en áreas de producción y por último, los estándares de higiene deben de estar bien controlados y especificados para los trabajadores, visitantes y técnicos.

d) Cosecha y postcosecha. Presenta un excelente desempeño en la parte de inocuidad de la obtención de esporomas, por lo que no hay recomendaciones.

Figura 13. Imágenes de las prácticas del productor 1.



*a: Composteo del sustrato, b: Sembrado del sustrato, c: Incubación de las unidades de producción, d: Unidades de producción colonizadas, e: Obtención de esporomas, f: Cosecha de seta blanca.

Productor 2

a) Calidad y manejo del sustrato. Su desempeño es el más bajo y se le recomienda contar con un área aislada al menos con puertas que generen cambios de presión en el área de sembrado de sustrato, esto en el mediano plazo.

b) Calidad y manejo del micelio. El desempeño puede mejorarse, la principal recomendación a corto plazo es capacitar a su personal para detectar deficiencias en el micelio.

c) Fructificación de basidiocarpos. Presenta el desempeño más bajo por lo que se le recomienda contar con un plan de sanidad, contar con protocolos sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y otras actividades relacionadas con el plan de

inocuidad, contar con información sobre el origen y la composición del sustrato por parte de los proveedores, documentación sobre procedimientos y frecuencia de limpieza e individuos responsables, limpiar regularmente los contenedores reusables y los cuchillos, usar ropa y calzado adecuados en la limpieza y sanitización, además del uso de cofias, cubre bocas y guantes en caso de ser necesario, contar con papel de baño constante, toallas y señalización sobre lavarse las manos en el baño, analizar regularmente el agua para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente el sistema de tuberías, etiquetar y poner instrucciones en los químicos tóxicos utilizados, contar con programa de control de plagas documentado, poner en práctica métodos efectivos y seguros para reducir el problema de las moscas micófagas, contar con un programa para responder a las dudas y los reclamos de los compradores, los lotes de los hongos deben tener algún tipo de etiqueta de manera que puedan ser rastreables, utilizar lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos, realizar un programa de capacitación sobre alimentos para los nuevos empleados y sesiones regulares de nuevas capacitaciones y en la medida de lo posible que estén avalados por firmas reconocidas, las prácticas de higiene documentadas deben estar disponibles para los trabajadores, los trabajadores deben estar conscientes sobre lavarse las manos después de ir al baño, se debe prohibir a los trabajadores con diarrea, heridas abiertas e infecciones en la piel entrar a las naves, tener precaución sobre el uso de joyas y otros objetos en los trabajadores que pudieran caer en la producción, además de que se les debe prohibir masticar chicle, comer, beber o fumar en áreas de producción, el movimiento de los trabajadores sobre las áreas de producción y áreas de composteo debe ser controlado y los estándares de higiene deben de estar bien controlados y especificados para los trabajadores, visitantes y técnicos.

d) Cosecha y postcosecha. Presenta un bajo desempeño, por lo que se le recomienda tener puertas y ventanas adecuadamente aseguradas para evitar la entrada de personal no autorizado, contar con señalizaciones sobre las áreas y las restricciones para los visitantes en las entradas, adquirir equipo y suministros que sean utilizados para el crecimiento de los hongos por proveedores confiables con

antecedentes de producción de alta calidad, obtener contenedores como bolsas, cajas y cubetas con proveedores con documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad, contar con contenedores que aíslen completamente los hongos para que ningún agente externo pueda introducirse, colocar las luces de tal manera que no atraigan la presencia de insectos en las naves de producción, el tráfico vehicular debe estar restringido para prevenir la contaminación cruzada, contar con controles para prevenir la contaminación acarreada por los pies, limpiar los contenedores de cosecha cada vez que se usen, descartar hongos que se han caído al suelo o han tenido contacto con fluidos corporales.

Figura 14. Imágenes de las prácticas del productor 2.



*a: Unidades de producción colonizadas, b: Obtención de basidiocarpos.

Productor 3

a) Calidad y manejo del sustrato. El desempeño es aceptable, se le recomienda poner al menos puertas que generen cambios de presión en el área de sembrado de sustrato en el corto plazo.

b) Calidad y manejo del micelio. El desempeño es aceptable, por lo que se le recomienda encontrar un proveedor más confiable de micelio y asegurarse de que el transporte del micelio hacia sus instalaciones sea de manera completamente limpia, el transporte completamente cerrado y sanitizado previamente al cargamento del micelio, esto al corto plazo.

c) Inocuidad en la fructificación de basidiocarpos. Presenta las mejores prácticas de manejo en este proceso, por lo que no hay ninguna recomendación al corto y mediano plazo.

d) Cosecha y postcosecha. Presenta el mejor desempeño en este proceso, por lo que no hay recomendaciones.

Productor 4

a) Calidad y manejo del sustrato. El desempeño es el segundo más alto, se le recomienda colocar filtros de aire al menos sencillos en el área de sembrado al mediano plazo.

b) Calidad y manejo del micelio. Presenta un buen desempeño, sin embargo, se le recomienda capacitar mejor a su personal para detectar deficiencias en el micelio, además de utilizar en la medida de lo posible micelio fresco, ambas en el corto plazo, ya que de no hacerlo pudiera tener graves problemas de contaminación y por lo tanto de productividad.

c) Fructificación de basidiocarpos. Presenta un bajo desempeño en las buenas prácticas en este proceso, por lo que se le recomienda el uso de calzado adecuado, cofias y guantes en las áreas de sanitización de ser necesario, analizar el agua utilizada en la producción regularmente para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente los sistemas de tuberías, etiquetar y poner instrucciones en los químicos tóxicos utilizados, contar con programa de control de pestes documentado, los pesticidas aplicados en la planta deben ser utilizados únicamente por expertos o por personal bajo supervisión, realizar una planeación sobre cada cuando se deben aplicar los insecticidas, contar con un programa para responder a las dudas y los reclamos de los compradores, los lotes de los hongos deben tener algún tipo de etiqueta de manera que puedan ser rastreables, utilizar lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos, realizar un programa de capacitación sobre alimentos para los nuevos empleados y sesiones regulares de nuevas capacitaciones y en la medida de lo posible que estén avalados

por firmas reconocidas, las prácticas de higiene documentadas deben estar disponibles para los trabajadores, los trabajadores deben estar conscientes sobre lavarse las manos después de ir al baño, se debe prohibir a los trabajadores con diarrea, heridas abiertas e infecciones en la piel entrar a las naves, tener precaución sobre el uso de joyas y otros objetos en los trabajadores que pudieran caer en la producción, además de que se les debe prohibir masticar chicle, comer, beber o fumar en áreas de producción, el movimiento de los trabajadores sobre las áreas de producción y áreas de composteo debe ser controlado y los estándares de higiene deben de estar bien controlados y especificados para los trabajadores, visitantes y técnicos.

d) Cosecha y postcosecha. Presenta un bajo desempeño en este apartado, por lo que se le recomienda inspeccionar adecuadamente la actividad de los trabajadores para que no pongan en riesgo la calidad del producto, adquirir equipo y suministros que sean utilizados para el crecimiento de los hongos por proveedores confiables con antecedentes de producción de alta calidad, obtener contenedores como bolsas, cajas y cubetas con proveedores con documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad, contar con contenedores que aíslen completamente los hongos para que ningún agente externo pueda introducirse, colocar las luces de tal manera que no atraigan la presencia de insectos en las naves de producción, desarrollar controles para prevenir la contaminación acarreada por los pies, elaborar medidas de control para prevenir que la herramienta que se usa en el área de preparación de sustrato no se use en el área de fructificación, limpiar y sanitizar regularmente las herramientas utilizadas en el área de fructificación, mover los hongos a áreas de refrigeración a más tardar 4 horas después de sus cosecha.

Productor 5

a) Calidad y manejo del sustrato. El desempeño está un poco por debajo de lo aceptable, se le recomienda invertir en infraestructura en el mediano plazo, para contar

con más áreas diferenciales en su planta de producción, también necesita áreas específicas de resguardo de herramientas en el mediano plazo.

b) Calidad y manejo del micelio. Tiene un desempeño excelente en la calidad y manejo del micelio, esto debido seguramente a que produce su propio micelio y tiene la posibilidad de escoger el de máxima calidad para su propia producción de hongos, por lo que no hay recomendaciones que sugerirle.

c) Fructificación de basidiocarpos Presenta un bajo desempeño en este proceso, por lo que se le recomienda contar con áreas específicas para el resguardo de materiales de producción, contar con información sobre el origen y la composición del sustrato por parte de los proveedores, tener un sistema de documentación de las áreas que deben ser limpiadas o sanitizadas, documentación sobre procedimientos y frecuencia de limpieza e individuos responsables, uso de calzado adecuado y cuando sea necesario guantes, contar con puertas en los baños, papel de baño constante en los baños, toallas y señalización sobre lavarse las manos después de usar el baño, analizar el agua utilizada en la producción regularmente para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente los sistemas de tuberías, contar con instrucciones de uso en los químicos tóxicos, contar con un programa de control de plagas documentado, poner en práctica métodos efectivos y seguros para reducir el problema de las moscas micófagas, contar con etiquetado en los lotes de hongo vendidos para que puedan ser rastreables, contar con firmas reconocidas que avalen el entrenamiento del personal, contar con prácticas de higiene documentadas y disponibles para los trabajadores, tener precaución sobre el uso de joyas y otros objetos en los trabajadores que pudieran caer en la producción, además de que se les debe prohibir masticar chicle, comer, beber o fumar en áreas de producción, contar con un área designada para las cosas personales y la comida de los trabajadores, Por último los estándares de higiene deben de estar bien controlados y especificados para los trabajadores, visitantes y técnicos.

d) Cosecha y postcosecha. Presenta un bajo desempeño en este apartado, por lo que se le recomienda contar con señalizaciones sobre las áreas y las restricciones

para los visitantes en las entradas, adquirir equipo y suministros que sean utilizados para el crecimiento de los hongos por proveedores confiables con antecedentes de producción de alta calidad, obtener contenedores como bolsas, cajas y cubetas con proveedores con documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad, contar con contenedores que aislen completamente los hongos para que ningún agente externo pueda introducirse, colocar las luces de tal manera que no atraigan la presencia de insectos en las naves de producción, el tráfico vehicular debe estar restringido para prevenir la contaminación cruzada, las luces deben estar protegidas de manera que no ocurra una contaminación por vidrio, se deben crear controles para prevenir la contaminación acarreada por los pies, los contenedores de cosecha deben ser completamente exclusivos para ese fin y nunca usarse para desechos, elaborar medidas de control para prevenir que la herramienta que se usa en el área de preparación de sustrato no se use en el área de fructificación, los hongos deben ser movidos a áreas de refrigeración a más tardar 4 horas después de su cosecha.

Figura 15. Imágenes de las prácticas del productor 5.





*a: Almacenamiento del sustrato, b: Pasteurización del sustrato, c: Fructificación de basidiocarpos, d: Esterilización de sustratos a base de aserrín.

Productor 6

a) Calidad y manejo del sustrato. Necesita áreas diferenciales en su planta de producción para las fases de procesamiento del sustrato y filtración de aire en el área de sembrado de sustrato, al menos un filtro sencillo o puertas con cambio de presión.

b) Calidad y manejo del micelio. Tuvo un buen desempeño en esta sección, por lo que no se le hace ninguna recomendación.

c) Fructificación de basidiocarpos. Debe generar un plan de sanidad, protocolos resguardados sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y limpieza, documentación sobre las áreas que deben ser limpiadas y sanitizadas, la procedencia y frecuencia de limpiado, analizar regularmente el agua para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente los sistemas de tuberías, resguardar compuestos tóxicos en lugares apropiados, cuidar que los pesticidas sean aplicados por personal experto, generar un programa para responder a dudas y reclamos de los compradores, sostener un programa de mantenimiento del equipo que asegure que está funcionando de la manera correcta.

d) Cosecha y postcosecha. Señalización sobre las áreas y las restricciones para los visitantes en las entradas, contar con proveedores de bolsas, cajas y cubetas que tengan documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad, contar con contenedores que aislen

completamente a los hongos para que ningún agente externo pueda introducirse, tener las luces protegidas de manera que no ocurra contaminación por vidrio y contar con sistemas de refrigeración para poder mover los hongos a esta área a más tardar 4 horas después de su cosecha.

Figura 16. Imágenes de las prácticas del productor 6.



*a: Composteo del sustrato, b: Pasteurización del sustrato, c: Siembra del sustrato, d: Incubación del sustrato, e y f: Fructificación de basidiocarpos, g: Limpieza de las herramientas, h: Limpieza de las instalaciones.

Productor 7

a) Calidad y manejo del sustrato. Necesita áreas diferenciales en su planta de producción para las fases de procesamiento del sustrato, debe aminorar la utilización de agentes químicos o asegurarse de que sean seguros para el tratamiento del sustrato, necesita filtración de aire en el área de sembrado de sustrato, al menos un filtro sencillo o puertas con cambio de presión.

b) Calidad y manejo del micelio. Tuvo un buen desempeño en esta sección, por lo que no se le hace ninguna recomendación.

c) Fructificación de basidiocarpos. Debe generar un plan de sanidad, protocolos resguardados sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y limpieza, documentación sobre las áreas que deben ser limpiadas y sanitizadas, la procedencia y frecuencia de limpiado, limpiar regularmente el interior de los edificios, analizar regularmente el agua para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente los sistemas de tuberías, cuidar que los pesticidas sean aplicados por personal experto, generar un programa para responder a dudas y reclamos de los compradores, etiquetar los hongos de manera que puedan ser rastreables, sostener un programa de mantenimiento del equipo que asegure que está funcionando de la manera correcta y utilizar lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos.

d) Cosecha y postcosecha. Señalización sobre las áreas y las restricciones para los visitantes en las entradas, contar con proveedores de bolsas, cajas y cubetas que tengan documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad, contar con contenedores que aislen completamente a los hongos para que ningún agente externo pueda introducirse, tener las luces protegidas de manera que no ocurra contaminación por vidrio y contar con sistemas de refrigeración para poder mover los hongos a esta área a más tardar 4 horas después de su cosecha.

Figura 17. Imágenes de las prácticas del productor 7.



*a: Composteo del sustrato, b: Incubación de las unidades de producción, c: Fructificación de basidiocarpos, d: Cosecha.

Productor 8

a) Calidad y manejo del sustrato. Necesita áreas diferenciales en su planta de producción para las fases de procesamiento del sustrato, debe aminorar la utilización de agentes químicos o asegurarse de que sean seguros para el tratamiento del sustrato, necesita filtración de aire en el área de sembrado de sustrato, al menos un filtro sencillo o puertas con cambio de presión.

b) Calidad y manejo del micelio. Tuvo un buen desempeño en esta sección, por lo que no se le hace ninguna recomendación.

c) Fructificación de basidiocarpos. Debe generar un plan de sanidad, protocolos resguardados sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y limpieza, documentación sobre las áreas que deben ser limpiadas y sanitizadas, la procedencia y frecuencia de limpiado, limpiar regularmente el interior de los edificios, analizar regularmente el agua para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente los sistemas de tuberías, cuidar que los pesticidas sean aplicados por personal experto, generar un programa para responder a dudas y reclamos de los compradores, etiquetar los hongos de manera que puedan ser rastreables sostener un programa de mantenimiento del equipo que asegure que está funcionando de la manera correcta, utilizar lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos.

d) Cosecha y postcosecha. Señalización sobre las áreas y las restricciones para los visitantes en las entradas, contar con proveedores de bolsas, cajas y cubetas que tengan documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad, contar con contenedores que aíslen completamente a los hongos para que ningún agente externo pueda introducirse, tener las luces protegidas de manera que no ocurra contaminación por vidrio y contar con sistemas de refrigeración para poder mover los hongos a esta área a más tardar 4 horas después de su cosecha.

Figura 18. Imágenes de las prácticas del productor 8.



*a: Almacenamiento del sustrato, b: Composteo del sustrato, c: Pasteurización del sustrato, d: Siembra del sustrato, e: Incubación del sustrato, f: Obtención de basidiocarpos.

Productor 9

a) Calidad y manejo del sustrato. Tuvo un buen desempeño en esta sección, por lo que no se le hace ninguna recomendación.

b) Calidad y manejo del micelio. Tuvo un buen desempeño en esta sección, por lo que no se le hace ninguna recomendación.

c) Fructificación de basidiocarpos. Debe generar un plan de sanidad, protocolos resguardados sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y limpieza, documentación sobre las áreas que deben ser limpiadas y sanitizadas, la procedencia y frecuencia de limpiado, analizar regularmente el agua para químicos y microorganismos, etiquetar correctamente los químicos tóxicos, poner instrucciones

para el correcto uso de los químicos tóxicos, resguardar compuestos tóxicos en lugares apropiados, aplicar un control de plagas documentado, cuidar que los pesticidas sean aplicados por personal experto, generar un programa para responder a dudas y reclamos de los compradores, etiquetar los lotes de hongos para que puedan rastrearse, sostener un programa de mantenimiento del equipo que asegure que está funcionando de la manera correcta, utilizar lubricantes de grado alimenticio en el equipo.

d) Cosecha y postcosecha. Tuvo un porcentaje satisfactorio por lo que no se tienen recomendaciones.

Figura 19. Imágenes de las prácticas del productor 9.



*a: Trozado del sustrato, b: pasteurización del sustrato, c: Obtención de basidiocarpos, d: Nave de producción de hongos comestibles.

Productor 10

a) Calidad y manejo del sustrato. necesita áreas diferenciales en su planta de producción para las fases de procesamiento del sustrato y filtración de aire en el área de sembrado de sustrato, al menos un filtro sencillo o puertas con cambio de presión.

b) Calidad y manejo del micelio. Tuvo un buen desempeño en esta sección, por lo que no se le hace ninguna recomendación

c) Fructificación de basidiocarpos. Debe generar un plan de sanidad, protocolos resguardados sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y limpieza, documentación sobre las áreas que deben ser limpiadas y sanitizadas, la procedencia y frecuencia de limpiado, limpiar regularmente el interior de los edificios, analizar regularmente el agua para químicos y microorganismos, inspeccionar regularmente los sistemas de tuberías, cuidar que los pesticidas sean aplicados por personal experto, generar un programa para responder a dudas y reclamos de los compradores, etiquetar los hongos de manera que puedan ser rastreables sostener un programa de mantenimiento del equipo que asegure que está funcionando de la manera correcta, utilizar lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos.

d) Cosecha y postcosecha. Señalización sobre las áreas y las restricciones para los visitantes en las entradas, contar con proveedores de bolsas, cajas y cubetas que tengan documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad, contar con contenedores que aislen completamente a los hongos para que ningún agente externo pueda introducirse, tener las luces protegidas de manera que no ocurra contaminación por vidrio y contar con sistemas de refrigeración para poder mover los hongos a esta área a más tardar 4 horas después de su cosecha.

En el caso de las buenas prácticas para la producción de leche de vaca existen 5 pasos para el correcto ordeño de las vacas que son: 1. Respetar los horarios del inicio de ordeño, 2. Verificar el aceite de la máquina de ordeñar, 3. Las pezoneras que se guarden deben limpiarse y secarse a la sombra, 4. Las máquinas de ordeñar deben recibir dos servicios técnicos anuales (Nieto *et al.* 2012).

En el caso de la cría de bagre como buena práctica en el manejo de la carne se menciona que la granja debe tener un almacén adecuado exclusivo para la carne, En

el almacén no se debe de introducir ninguna plaga, El alimento debe comprarse y utilizarse antes de la fecha de expiración, los costales de alimento deben de estar colocados en tarimas y no deben tocar las paredes ni el suelo (García y Calvario, 2008).

En el caso de las buenas prácticas agrícolas para hortalizas, en un apartado sobre el material de propagación se menciona lo siguiente: 1. Partir de un material certificado libre de problemas sanitarios, 2. Atender las recomendaciones agronómicas del cultivo, 3. Durante el proceso de producción hacer un registro del material control, 4. Obtener el material en el momento adecuado o en su defecto tener las condiciones adecuadas de almacenamiento de las semillas o insumos si es que no se van a usar, 5. Llevar adecuadas notas y registros de las medidas tomadas (Cursio y Sartori, 2016).

8.3.2 Propuesta de Análisis de Riesgo y Puntos Críticos de Control (ARPC)

Con base en las deficiencias encontradas se seleccionaron como Puntos Críticos de Control (PCC) la recepción de la materia prima, siembra, fructificación de basidiocarpos, cosecha y postcosecha. Estos se complementaron con amenazas, acciones preventivas y acciones correctivas como lo muestra el Cuadro 18.

Pardo *et al.* (2017) formularon un análisis de riesgos y puntos de control crítico en el proceso de composteo para el cultivo del champiñón, siendo la recepción del micelio, el almacenamiento de los insumos de producción y el composteo fase 2 los puntos de control crítico formulados. Los principales riesgos encontrados fueron la presencia de bacterias patógenas, niveles altos de metales pesados, el uso de pesticidas no autorizados o dosis por encima de las permitidas, la presencia de materia orgánica no autorizada y la incorrecta distribución de la composta. Damayanti, *et al.* (2016) implementaron un ARPC en frituras hechas a base de hongo seta en industrias medianas y grandes, encontrando 5 puntos de control crítico: El agua para lavar los hongos, el proceso de hervido, el proceso para freír, el proceso de drenado y el proceso de empacado de las frituras. Inga *et al.* (2016) realizaron un diagnóstico en una planta de procesamiento de champiñones en Perú, integrando como puntos de

control crítico el almacenamiento en frío, control de calidad del agua, y diseño y documentación de procedimientos. Pardo *et al* (2013) formularon un análisis de riesgos y puntos de control crítico en el cultivo general de los hongos, siendo la recepción de los materiales de cobertura y composteo, la incubación, inducción y cosecha, los puntos de control crítico formulados. Los principales riesgos encontrados fueron productos fitosanitarios no autorizados o por encima de la dosis y la presencia de bacterias patógenas y metales pesados. Pintado *et al* (2012) reconocen 3 puntos de control crítico en la producción de *Pleurotus*: 1. En el almacenamiento de cáscaras de yuca y paja. 2. En el llenado de bolsas con sustrato y 3. En la obtención de primordios. Wang *et al.* (2011) implementaron un ARPCC en la producción de hongos, generando métodos de monitoreo. jihong *et al.* (2008) integraron un sistema de control inteligente que monitorea la producción de hongos y genera ARPCC automáticamente. Wang *et al.* (2009) mejoraron la producción de una planta de hongos tras implementar un ARPCC utilizando una tecnología de radiofrecuencia, encontrando límites críticos en puntos de control ya establecidos. Cabe destacar la necesidad de implementar ARPCC en áreas específicas de la producción de hongos, para prevenir riesgos de manera más eficiente. En muchos países del mundo se le da un énfasis indiscriminado a los análisis del producto final (ej. Análisis comercial o microbiológico), pero cada vez aumenta el número de países que dan seguimiento a la cadena de producción y por ende la creación de puntos de control crítico (Harrigan, 1993).

Cuadro 18. Punto de Control Crítico(PCC) tomados con base en el análisis de los cuestionarios de buenas prácticas. Incluye riesgos, medidas preventivas y acciones correctivas.

PCC	Riesgo	Medidas preventivas	Acciones correctivas
Recepción del material de cultivo.	Obtención de micelio de dudosa calidad.	Verificar certificación del micelio y contaminación en el mismo.	Desechar bolsas de inóculo sospechosas, no recibir micelio que venga en contenedores sin filtro.
Siembra.	Contaminación cruzada del sustrato por aire contaminado.	Utilización de filtros que introduzcan aire limpio al área de sembrado.	Monitorear contaminación en la incubación, desechar las bolsas de sustrato contaminadas.
Fructificación de basidiocarpos.	Contaminación de los hongos por lubricantes.	Utilización de lubricantes de grado alimenticio para	Desechar cualquier hongo que entre en

		equipos que estén en contacto con los hongos.	contacto con lubricantes que no sean de grado alimenticio.
		Documentar las plagas más comunes de la planta de producción, tener las entradas y salidas de las naves de producción aisladas, contar con medidas preventivas como cambio de vestuario o doble puerta en las naves para que los trabajadores no introduzcan plagas.	Utilizar de forma correcta insecticidas para combatir plagas, utilizar trampas para roedores, utilizar cintas con adherente para insectos, utilizar trampas de luz.
		Etiquetar los químicos con las instrucciones de su uso: dosis, modo de empleo, frecuencia, etc.	No utilizar ningún químico que provenga de envases sin etiqueta, resguardar los químicos peligrosos en áreas seguras y restringidas.
		Contar con señales para distinguir todas las áreas de la empresa (comedor, baños, naves de producción, etc.). Contar con carteles sobre las restricciones a los visitantes al inicio de un recorrido, utilizar equipo adecuado como batas, cubre bocas, cofias y guantes donde sea requerido.	Si el mal flujo ha sucedido, poner las señalizaciones pertinentes para que no vuelva a suceder. Requerir a los trabajadores que porten gafete para distinguirse. Incentivar a los trabajadores a utilizar equipo de protección.
		Contar con cámara fría o refrigeradores para poder almacenar el hongo máximo 4 horas después de haber sido cortado.	Mover lo más pronto posible lotes de hongo a la venta de no contarse con módulos de refrigeración.
Cosecha y postcosecha.		Contar con cámara fría o refrigeradores para poder almacenar el hongo máximo 4 horas después de haber sido cortado.	Mover lo más pronto posible lotes de hongo a la venta de no contarse con módulos de refrigeración.

IX. CONCLUSIONES

1. El promedio de los productores se encontró dentro de un manejo razonable (nivel de riesgo II) en las buenas prácticas, de los diez productores encuestados, solamente tres (30 %) fueron clasificados con buenas prácticas de producción, sin embargo, es necesario implementar análisis más exhaustivos hechos por instituciones especializadas en la materia para corroborar dicha información. La sección de insumos biotecnológicos fue la única a nivel grupal que se ubicó en la categoría de buen manejo por encima de 75 puntos. De las 79 preguntas evaluadas pertenecientes a las 3 secciones, 15 (20 %) fueron evaluadas con mal manejo, 27 (36 %) con manejo razonable y 34 (45 %) con buen manejo.
2. Se registró un rango de unidades formadoras de colonias de mesófilos aerobios para *Pleurotus* y *Agaricus* de 0.1×10^6 - 52.75×10^6 UFC/g. Para mohos y levaduras, el rango fue de 0 - 6.53×10^6 UFC/g. Estos datos demostraron inocuidad aceptable de los productos, pero con alto nivel de variabilidad. Es necesario identificar las especies de bacterias asociadas a los hongos, para poder decir de manera más precisa si los productos están contaminados o no, es por ello que en las legislaciones de muchos países se señalan límites más específicos.
3. Los productores están interesados en obtener otro tipo de hongos como shiitake, colmenilla, portobello, enoki, champiñón y huitlacoche. La cantidad de semilla semanal, mensual y anual que consumen estos productores es de 3,834.5, 15,338 y 184,056 kg respectivamente.
4. En general, la mayoría de las muestras de hongo evaluadas presentaron características físicas deseables.
5. Se pudo constatar que existen prácticas desleales de mojar el hongo fresco para que pese más, ya que se encontraron muestras del género *Pleurotus* con porcentaje de humedad elevado.
6. Se recomendaron como Puntos críticos de control la recepción de materia prima (semilla, substrato y suplementos), la siembra, la fructificación de basidiocarpos, la

cosecha y la postcosecha., sin embargo, cabe destacar que a pesar de que pueden ser aspectos relevantes, son necesario trabajos más exhaustivos con metodologías ya establecidas, lo cual conllevaría a hacer un monitoreo más exhaustivo en las plantas de producción.

7. El presente trabajo ayudará al sector en cuestión a dirigir sus esfuerzos a mejorar sus prácticas de producción para que sea posible salvaguardar la inocuidad de los alimentos y de esta forma se reduzcan los riesgos potenciales de salud para los consumidores. Este estudio demostró la necesidad de desarrollar una estrategia para analizar y promover las buenas prácticas de producción de hongos comestibles en la región central del país.

X. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Existe malas prácticas en la producción de hongos comestibles, funcionales y medicinales en la región central de México, por lo que se acepta la hipótesis de que la calidad de los hongos en la región central del país puede mejorar si se aplican las buenas prácticas de producción y manejo

XI. ESTRATEGIA PARA IMPLEMENTAR LAS BUENAS PRÁCTICAS EN EL MANEJO POSTCOSECHA DE LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE HONGOS COMESTIBLES DE LA ZONA CENTRA DE MÉXICO

El manejo postcosecha es el eslabón que une la producción de hongos con la comercialización y es de vital importancia que sea llevado a cabo de la manera adecuada, ya que de ello depende, en gran medida, la calidad e inocuidad de los hongos que se producen. En promedio los hongos duran en buen estado en condiciones de refrigeración entre 3 y 4 días (Aguirre *et al.*, 2009).

Normalmente, los productores de hongo de la región venden los hongos inmediatamente después de ser cosechados, sin embargo, no siempre es posible que puedan venderlos en el momento de la cosecha, por lo que necesariamente necesitan opciones para conservar los hongos durante el mayor tiempo posible y de la mejor calidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Incentivar el uso de las buenas prácticas en el manejo postcosecha en las plantas de producción de hongos de la zona central de México para estimular el desarrollo de la región central de México.

Objetivos específicos

1. Divulgar el conocimiento sobre sobre las buenas prácticas en el manejo postcosecha de los hongos.
2. Encontrar las áreas de oportunidad que tienen los productores de hongos para implementar las buenas prácticas en el manejo postcosecha.
3. Proponer las buenas prácticas más pertinentes de acuerdo a las necesidades de los productores.

IDENTIFICACIÓN DE ACTORES

Sector académico: Este se encarga de generar las investigaciones pertinentes en la materia, de esta forma pueden generar en todo momento nueva información referente al análisis de los métodos de manejo postcosecha existentes y a la innovación de los mismos.

Sector gubernamental: Este involucra instituciones especializadas en el tema de inocuidad como SENASICA, las cuales pueden avalar las acciones que se tomen en materia de buenas prácticas del manejo postcosecha. Además, el sector gubernamental cuenta con los fondos para poder incentivar la implementación de esta estrategia mediante el apoyo para infraestructura y equipos.

Sector productivo: Es el más beneficiado, ya que, al implementar la estrategia, puede reducir en gran medida pérdidas económicas y del producto.

Consumidor final: Es el último eslabón, y al consumir hongos mejor conservados, va a incentivar un mayor consumo de los mismos.

El desarrollo de la estrategia sobre la implementación de buenas prácticas en las plantas productoras de la región de estudio se puede ver en la Figura 20.

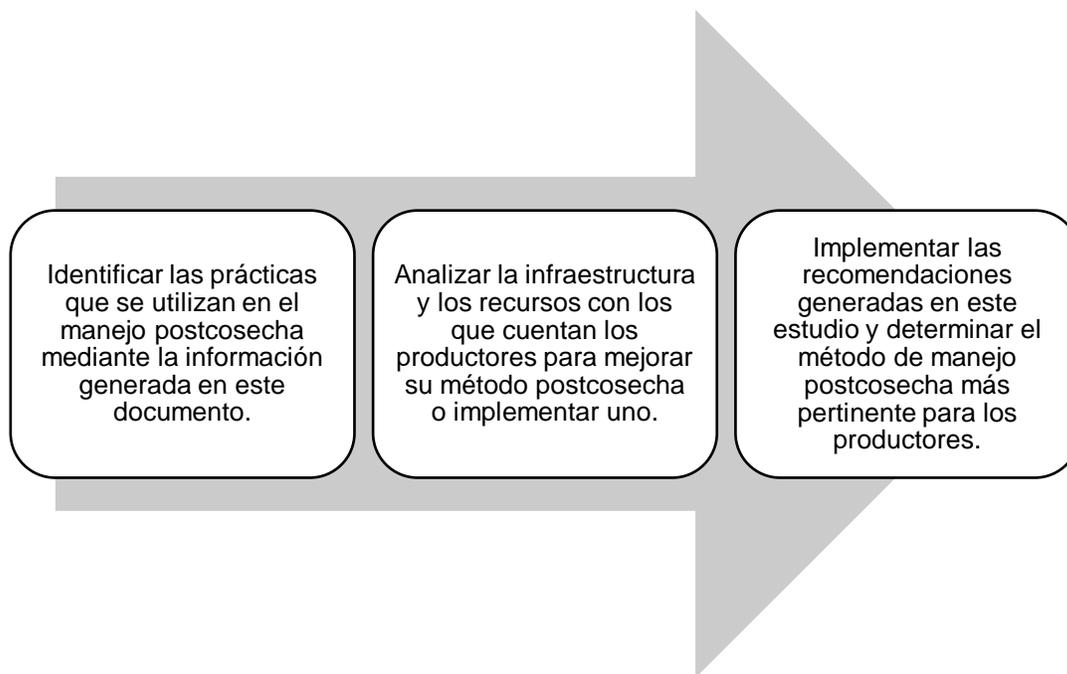


Figura 20. Etapas para implementar las buenas prácticas en el manejo postcosecha en las plantas productoras de la región central de México.

Los productores de hongos comestibles en México tienen la tendencia de comercializar los hongos casi exclusivamente en fresco, por lo que suele ser muy complicado que los puedan conservar. La tendencia obedece a la demanda en el mercado, y es por ello que la mayoría de los métodos de manejo y conservación postcosecha deben ser pensado para el producto en fresco, como empaques de atmósfera modificada y absorbentes de humedad (Villaescusa y Gil, 2002) o el uso de tratamientos químicos (Xiao, *et al.*, 2011). El entendimiento y uso de las buenas prácticas en el manejo postcosecha puede ayudar a los productores a mejorar sus condiciones de venta, contribuyendo al desarrollo de la región.

XII. LITERATURA CITADA

- Abou-Zeid, M. (2012). Pathogenic variation in isolates of *Pseudomonas* causing the brown blotch of cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. *Brazilian Journal of Microbiology*. 43(3).
- Aguirre, L., Frias, J. M., Barry-Ryan, C., y Grogan, H. (2009). Modelling browning and brown spotting of mushrooms (*Agaricus bisporus*) stored in controlled environmental conditions using image analysis. *Journal of Food Engineering*, 91(2), 280-286.
- Aguirre, L., Frias, J., M., Barry-Ryan, C., y Grogan, H. (2008). Assessing the effect of product variability on the management of the quality of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*. 49:247–254.
- Ahlawat, O. P., y Sagar, M. P. (2007). *Management of spent mushroom substrate*. National Research Centre for Mushroom, Indian Council of Agricultural Research.
- Akata, I., Torlak, E. y Erci, F. (2015). Efficacy of gaseous ozone for reducing microflora and foodborne pathogens on button mushroom. *Postharvest Biology and Technology*. 109: 40–44.
- American Mushroom Institute. (2013). Standards for the Growing, Harvesting, Packing, and Holding of Produce for Human Consumption. Docket No. FDA-2011-N-0921. <http://www.regulations.gov/>
- Avendaño Ruiz, B. D., Schwentesius Rindermann, R., y Lugo Morones, S. (2006). El impacto de la iniciativa de inocuidad alimentaria de Estados Unidos en las exportaciones de hortalizas frescas del noroeste de México. *Región y sociedad*, 18(36), 07-36.
- Barbado, J. (2003). Hongos comestibles. Albatros. Argentina.
- Barrales, M., y Mata, G. (2016). Selección de cepas nativas del hongo de maguey (*Pleurotus opuntiae*) y evaluación de su producción en sustratos fermentados. *Interciencia*, 41(5), 346-352.
- Barth, M., Hankinson, T. R., Zhuang, H., y Breidt, F. (2009). Microbiological spoilage of fruits and vegetables. In *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages* (pp. 135-183). Springer, New York, NY.
- Beelman, R., Guthrie, B., y Royse, B. (1989). Influence of bacterial populations on postharvest deterioration of fresh mushroom. *Mushroom Science*, 12.
- Bello, J. (2000). Ciencia Bromatológica: Principios generales de los alimentos. Díaz de Santos. Madrid, España.

- Beuchat, L. R. (2002). Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes and infection*, 4(4), 413-423.
- Biswas, S. Datta, M. y Ngachan, S. (2012). Mushrooms a Manual for cultivation. *PHI Learning*.
- Boin, E., y Nunes, J. (2018). Mushroom Consumption Behavior and Influencing Factors in a Sample of the Portuguese Population. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 30(1), 35-48.
- Burlingame, B., y Pineiro, M. (2007). The essential balance: Risks and benefits in food safety and quality. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 139-146.
- Carreón, Y., Mendoza, P. y Rodríguez, M. (2012). Los microorganismos y su importancia biológica y tecnológica. Volumen Zona Centro. México.
- Cartaya, E. O., y Villamizar, N. R. 2005. Las buenas prácticas agrícolas en el sistema de innovación de la región andina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Caracas, Venezuela.
- Castro-Rosas, J., Rojas, M., Noguera, Y., Santos, E., Zúñiga, A. y Gómez, C. (2006). Calidad sanitaria de ensaladas de verduras crudas, listas para su consumo. Alfa Editores Técnicos.
- Chang, S. T., y Wasser, S. P. (2017). The cultivation and environmental impact of mushrooms. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*.
- Chang, S. y Miles, P. (2004). Mushrooms, cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. CRC Press. Segunda edición. Florida.
- Chang, S., Buswell, J., y Miles, P. (1993). Genetics and Breeding of edible mushroom. CRC Press. Holanda.
- Cheung, P. (2010). The nutritional and health benefits of mushrooms. *Nutrition Bulletin*. 35: 292-299.
- Chiu, S. W., Law, S. C., Ching, M. L., Cheung, K. W., y Chen, M. J. (2000). Themes for mushroom exploitation in the 21st century: Sustainability, waste management, and conservation. *The Journal of general and applied microbiology*, 46(6), 269-282.
- Cortés, M., Ruiz, M., y Enríquez, L. (2011). Influencia del empaque y envasado sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Revista MVZ Córdoba*, 2593-2604.
- Cursio, N. y Sartori, A. (2016). Guía de formación en buenas prácticas agrícolas para hortalizas. IICA. Buenos Aires, Argentina. p.p.28

- Damayanti, R. W., Laksono, P. W., Zeline, R., y Rochman, T. (2016). Applying Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) for production process of oyster mushroom chips in small and medium enterprise (SME). In *2016 2nd International Conference of Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering (ICIMECE)* (pp. 142-146). IEEE.
- De La, N. S., Bazán, D., Cornejo, O., Osorio, A., Bravo, M., Lengua, R., y Aguirre, R. Estudio del valor nutricional y propiedades fisicoquímicas y bioquímicas de *pleurotus ostreatus*. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 7(2), 40-44.
- De Jesús Almonte, L., y Suárez, Y. C. (2017). Crecimiento económico y desempleo en el Estado de México: una relación estructural. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 3(1), 77-88.
- De León, R. (2007). Cultivo de *Pleurotus* y las buenas prácticas de manejo para la producción de cuerpos fructíferos inocuos. Guatemala (en prensa).
- De Roever, C. (1998). Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. *Food control*, 9(6), 321-347.
- Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (CE) N° 2073/2005 de la Comisión de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. 2005. Línea: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT>.
- Duque, J. (2010). Biotecnología, panorámica de un sector. Netbiblo. España.
- Dzingirayi, G., y Korsten, L. (2016). Assessment of primary production of horticultural safety management systems of mushroom farms in South Africa. *Journal of food protection*, 79(7), 1188-1196.
- Espinosa, L., Varela, C., Martínez, E. V., y Cano, R. (2015). Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. España, 2008-2011. *Boletín epidemiológico semanal*, 22(11), 130-136.
- Fletcher, J. T., y Gaze, R. H. (2008). Mushroom pest and disease control: a colour handbook. CRC Press.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *FAOSTAT*. Retrieved. November 16, 2019, from http://faostat3.fao.org/download/Q/*/E
- Gaitán-Hernández, R., y Salmones, D. (1999). Análisis de la producción de cepas de *Pleurotus djamor*. *Scientia Fungorum*, 3(15), 115-118.
- Gaitán-Hernández, R., Y Salmones, D. (2015). Uso de residuos lignocelulósicos para optimizar la producción de inóculo y la formación de carpóforos del hongo

- comestible *Lentinula boryana*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1639-1652.
- García, A. y Calvario, O. (2008). Manual de buenas prácticas de producción acuícola de Bagre para la inocuidad Alimentaria. SENASICA. Mazatlán. P.p.65.
- García, P. A., Rodríguez, W., Gómez, E. K. C., y Zambrano, A. A. (2014). Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) frescos y deshidratados. *Ingenierías & Amazonia*, 7(1).
- González-Fandos, E., Olarte, C., Giménez, M., Sanz, S. y Simón, A. (2001). Behaviour of *Listeria monocytogenes* in packaged fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Applied Microbiology*. 91(5): 795-805.
- Gunderson, F. L. (2012). Food standards and definitions in the United States: a guidebook. Elsevier.
- Gutiérrez, B. (2012). Calidad de Vida, Alimentos y Salud Humana. Díaz de Santos.
- Harrigan, W. F. (1993). The ISO 9000 series and its implications for HACCP. *Food Control*, 4(2), 105-111.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods), & ICMSF (INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS). (1986). Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications.
- Inga, L., Mercedes, R., y Villegas Villagaray, V. K. (2016). Propuesta de plan HACCP para el procesamiento de champiñones (*Agaricus bisporus*) frescos. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Jayathunge, L., e Illeperuma, C. (2005). Extension of postharvest life of oyster mushroom by modified atmosphere packaging technique. *Journal of food science*, 70(9), E573-E578.
- Jihong, C., Chuanxi, C., y Jinxin, L. (2008). Development and Application of HACCP Intelligent Control System on Edible Fungus Factory Produce. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2.
- Kalac, P. (2016). Edible mushrooms: chemical composition and nutritional value. Academic Press.
- Khan, M. A., Amin, S. R., Uddin, M. N., Tania, M., y Alam, N. (2008). Comparative study of the nutritional composition of oyster mushrooms cultivated in Bangladesh. *Bangladesh J. Mushroom*, 2(1), 9-14.

- Kim, C., Nartea, T. J., Pao, S., Li, H., Jordan, K. L., Xu, Y., y Sismour, E. N. (2016). Evaluation of microbial loads on dried and fresh shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) as obtained from internet and local retail markets, respectively. *Food Safety* 4(2), 45-51
- King, T., Cole, M., Farber, J. M., Eisenbrand, G., Zabaras, D., Fox, E. M., y Hill, J. P. (2017). Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 160-175.
- Li, J., y Azzam, A. M. (2017). US mushroom import demand estimation with the source-differentiated AIDS model. *International Journal of Trade and Global Markets*, 10(4), 339-349.
- Loaharanu, P. (2001). Creciente demanda de alimentos inocuos. *Boletín del OIEA*, 43(2), 37-42.
- Londoño Vélez, L. C. (2009). Implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA resolución 4174 de noviembre 2009) para reducir el impacto socio ambiental, en la producción de pitahaya en la finca el Divino Niño-vereda el Sinaí del municipio de Palestina Huila. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Ceres la Plata.
- Lund, B. M. (1992). Ecosystems in vegetable foods. *Journal of Applied Bacteriology*, 73, 115-126.
- Martínez, D. A., Buglione, M. B., Filippi, M. V., Reynoso, L. D. C., Rodríguez, G. E., y Agüero, M. S. (2015). Evaluación del crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* y *Agrocybe aegerita* sobre orujos de pera. *Anales de Biología*, 37.
- Martínez-Carrera D., Larque, M., Aliphath, M., Aguilar, A., Bonilla, M. y Martínez, W. (2000). La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria. Academia Mexicana de Ciencias-CONACYT, México.
- Martínez-Carrera, D., y Ramírez-Juárez, J. (2016). Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México. *Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP*, San Luis Huexotla, Texcoco, México.
- Martínez-Carrera, D., Larqué-Saavedra, A., Palacio, A. T., Torres, N., Meneses, M. E., Cruz, M. S., Y Bernabé-González, T. (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. *Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP*, San Luis Huexotla, Texcoco, México, 581-640.

- Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M. y Martínez, W. (2007). México ante la globalización del siglo XXI. El sistema de producción consumo de los hongos comestibles. *ECOSUR-CONACYT*, México, D.F.
- Martínez-Carrera, D., Leben, R., Morales, P., Sobal, M., y Larque-Saavedra, A. (1991). Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* 96: 33-43.
- Martínez-Carrera, D., Sobal, M., Aguilar, A., Navarro, M., Bonilla, M., Y Larqué-Saavedra, A. (1998). Canning technology as an alternative for management and conservation of wild edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl*, 11, 35-51.
- Martínez-Flores, H. E., Maya-Cortés, D. C., Figueroa-Cárdenas, J. D., Garnica-Romo, M. G., y Ponce-Saavedra, J. (2009). Chemical composition and physicochemical properties of shiitake mushroom and high fiber products. *Journal of Food*, 7(1), 7-14.
- Mishra, R., Mishra, Y., Rghubanshi, B., Singh, P. y Reena S. (2018). Food, nutrition and livelihood security through mushroom production. *Popular Agriculture* 2(1):1-3.
- Molin, G. (2000). Modified atmospheres. In B. M. Lund, T. C. Baird-Parker, & G.W. Gould (Eds.), *The microbiological safety and quality of food* (pp. 214–234). Gaithersburg, MA: Aspen Publishers.
- National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. (2017). Response to Questions Posed by the Department of Defense Regarding Microbiological Criteria as Indicators of Process Control or Insanitary Conditions†: Adopted 10 June 2017, Washington, DC. *Journal of food protection*, 81(1), 115-141.
- Nieto, D., Berisso, R., Demarchi, O. y Scala, E. 2012. Manual de buenas prácticas de ganadería bovina para la agricultura familiar. FAO.p.p.42.
- Niksic, M., Klaus, A., y Argyropoulos, D. (2016). Safety of foods based on mushrooms. In *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods* (pp. 421-439). Academic Press.
- Norma Oficial Mexicana (1994) NOM-093-SSA1-1994, bienes y servicios. *Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos*.
- Norma Oficial Mexicana (2000). NOM-EM-034-FITO-2000. *Requisitos y Especificaciones para la aplicación y Certificación de Buenas Prácticas Agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas*. México, DF, *Diario Oficial de la Federación*.

- Norma Oficial Mexicana (2009). NOM-251-SSA1-2009. *Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*.
- Norma, I. S. O. 22000. (2005). *Sistema de Gestión de Inocuidad de los Alimentos: Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*.
- Olaimat, A. y Holley, R. (2012). Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review. *Food Microbiology*. 32: 1-19.
- OMS. 2018. Enfermedades de transmisión alimentaria en América. http://www.who.int/foodsafety/areas_work/foodborne-diseases/ferg_infographic
- Osuna, C. A., y Cerda, E. L. R. (2017). Sistemas para garantizar la inocuidad de los alimentos. *Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos. CIATEJ 2017*.
- Pandey, V. V., Kumari, A., Kumar, M., Saxena, J., Kainthola, C., y Pandey, A. (2018). Mushroom cultivation: Substantial key to food security. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(4), 1325-1331.
- Pardo, J. E., de Figueiredo, V. R., Álvarez-Ortí, M., Zied, D. C., Penaranda, J. A., Dias, E. S., y Pardo-Giménez, A. (2013). Application of hazard analysis and critical control points (HACCP) to the cultivation line of mushroom and other cultivated edible fungi. *Indian Journal of Microbiology*, 53(3), 359-369.
- Pardo, J. E., Zied, D. C., Alvarez-Ortí, M., Peñaranda, J. A., Gómez-Cantó, C., y Pardo-Giménez, A. (2017). Application of hazard analysis and critical control points (HACCP) to the processing of compost used in the cultivation of button mushroom. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6(2), 179-188.
- Penn State. (2003). Mushroom Farm Food Safety and Security. Good Agricultural Practices for Mushroom Growers. The Pennsylvania State University.
- Penn State. (2010). Mushroom Good Agricultural Practices Program, Industry-Wide Food Safety Standards for Fresh Mushroom Growing, Harvesting, and Shipping. The Pennsylvania State University.
- Pesti, G. (2014). Mushroom Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits. Nova Science Publishers Inc. New York.
- Pintado, M., Ferraro, V., Piccirillo, C. Sonnenberg, A., Asagbra, A., Baars, J., Tomlins, K., Obodai, M. y Lateef, S. (2012). Gratitude-FP7 WP5 – Food Safety, Quality and Compliance. Nigeria.
- Quintana, M. (2015). México, un país obeso. UOC. Barcelona.

- Ravi, R., y Siddiq, M. (2011). Edible mushrooms: Production, processing and quality. *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, 643-661.
- Reis, F. S., Barros, L., Martins, A., y Ferreira, I. C. (2012). Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study. *Food and Chemical Toxicology*, 50(2), 191-197.
- Reyes-Solórzano, S. J. (2017). Circunspecciones acerca de las enfermedades producidas por alimentos. *Dominio de las Ciencias*, 3(1), 299-310.
- Romero-Arenas, O., Damián, A., Ramírez, B., Y López-Olguín, J. 2015. Producción de hongo shiitake (*Lentinula edodes* Plegier) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(6): 1229-1238.
- Royse, D. (2014). A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* & *Flammulina*. *Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products* (ICMBMP8). Pennsylvania.
- Sánchez, C. (2004). Modern aspects of mushroom culture technology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64(6), 756-762.
- Sánchez, C. (2009). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied microbiology and biotechnology*, 85(5), 1321-1337.
- Shukla, R., y Tomar, A. (2018). Oyster mushroom cultivation: As alternative source of income a profitable enterprise. *The Pharma Innovation Journal*; 7(4): 856-858.
- Siller, J., Báez, M., Sañudo, A. y Báez R. 2002. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. SENASICA. México.
- Singh, M. P., Srivastva, A. K., Vishwakarma, S. K., Singh, V. K., y Pandey, V. K. (2009). Mushroom biotechnology. *Recent trends in biotechnology*, 1, 77-85.
- Singh, P., Langowski, H. C., Wani, A. A., y Saengerlaub, S. (2010). Recent advances in extending the shelf life of fresh *Agaricus* mushrooms: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(9), 1393-1402.
- Smadpour, M., Barbour, M., Nguyen, T., Cao, T.M., Buck, F., Depavia, G.A., Mazengia, E., Yang, P., Alfi, D., Lopes, M. y Stopforth, J.D. (2006). Incidence of enterohemorrhagic *Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in retail fresh ground beef, sprouts, and mushrooms. *Journal of Food Protection*. 69 (2).
- Spreij, M., y Vapnek, J. (2006). Directrices en materia de legislación alimentaria:(nuevo modelo de ley de alimentos para países de tradición jurídica romano-germánica) (Vol. 91). *Food & Agriculture Org.*.

- Stamets, P. (2000). *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Agaricon Press.
- Strauss, D. M. (2011). An analysis of the FDA food safety modernization act: protection for consumers and boon for business. *Food & Drug LJ*, 66, 353.
- USDA. United States Department of Agriculture. (2004). Shipping point and market inspection instructions.
- Van Nieuwenhuijzen, B., y Oei, P. (2005). Small-scale mushroom cultivation: oyster, shiitake and wood ear mushrooms. *Agrodok-series* No. 40
- Venturini, M., Juan E., Carmen S., Oria R. y Blanco, D. (2011). Microbiological quality and safety of fresh cultivated and wild mushrooms commercialized in Spain. *Food Microbiology*. 28: 1492-1498.
- Vera, Y. C., y Gélvez, V. M. (2011). Efecto de la termosonicación sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) fresco empacado al vacío. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 9(2), 55-63.
- Vieira, F. R., y Andrade, M. C. N. (2016). Optimization of substrate preparation for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation by studying different raw materials and substrate preparation conditions (composting: phases I and II). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11), 190.
- Villaescusa, R., y Gil, M. I. (2003). Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 169-179.
- Wakchaure, G. (2011). Production and Marketing of Mushrooms: Global and National Scenario. Mushrooms-cultivation, marketing and consumption, Chapter: Production and Marketing of Mushrooms: Global and National Scenario. *Manjit Singh, Bhuvnesh Vijay, Shwet Kamal, G.C. Wakchaure*. India. 15-22
- Wakchaure, G. (2011). Postharvest handling of fresh mushrooms. Mushrooms: Cultivation, Marketing and Consumption. Solan, India: Directorate of Mushrooms. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.
- Walde, S. G., Velu, V., Jyothirmayi, T., y Math, R. G. (2006). Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom. *Journal of food engineering*, 74(1), 108-115.
- Wang, X., Zhang, J., Wu, L., Zhao, Y., Li, T., Li, J., Wang, Y. y Liu, H. (2014). A mini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China. *Food Chemistry*. 151: 279-285.
- Wang, Y., Liu, X. W., Luo, W., y Li, P. S. (2011). The application of HACCP in fresh-cut mushroom production. *Food and Fermentation Technology*, (4), 7.

- Wang, Y., Wan, C., Chen, J., Guo, Q., Yang, J., y Zhao, J. (2009). Towards developing a edible fungi Factory HACCP MIS based on RFID technology. In *7th World Congress on Computers in Agriculture Conference Proceedings, 22-24 June 2009, Reno, Nevada* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Warriner, K., Huber, A., Namvar, A., Fan, W., y Dunfield, K. (2009). Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. *Advances in food and nutrition research*, 57, 155-208.
- Xiao, G., Zhang, M., Shan, L., You, Y., y Salokhe, V. M. (2011). Extension of the shelf-life of fresh oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) by modified atmosphere packaging with chemical treatments. *African Journal of Biotechnology*, 10(46), 9509-9517.
- Zhao, Y. y Han, J. (2011). The determination of the content of Cu, Mn, Fe, Zn in the wide-growing mushroom. *Beijing Agriculture*, 8: 52-53.
- Zhou, J., Xiong, K., Yang, Y., Ye, X., Liu, J. y Xuel, F. (2015). Deleterious effects of benomyl and carbendazim on human placental trophoblast cells. *Reproductive Toxicology*. 61: 64-71.
- Zied, D. C., Pardo, J. E., Álvarez-Ortí, M., y Pardo-Giménez, A. (2018). Desarrollo del cultivo de *Agaricus bisporus* en Brasil: suplementación del compost y utilización de híbridos. *Revista Ciencia Agronómica*, 49(1), 122-129.

XIII. ANEXOS

13.1 Instrumento utilizado para evaluar las buenas prácticas.

I. CALIDAD Y MANEJO DE INSUMOS BIOTECNOLÓGICOS

1. 1 Características y manejo del sustrato.

Llene los recuadros de las siguientes preguntas con texto o con una equis según sea el caso

1. Tipo de sustrato	2. Lugar de origen			3. Cantidad (pacas o Kg.)			4. Que problemas se le presenta para la adquisición del sustrato	5. Como sugiere Ud. que podría darle solución
	Prop.	Comp.	Ambos	Prop	Comp	Ambos		

No. De pregunta	Pregunta	1	2	3	4
6.	Áreas diferenciales en su planta para las fases de procesamiento del sustrato	Todas	La mayoría de las áreas	Solo algunas áreas	Ninguna
7.	Las áreas de procesamiento del sustrato están situadas estratégicamente	Todas	La mayoría de las áreas	Solo algunas áreas	Ninguna

8. Marque con una X la o las áreas con las que cuenta

Áreas del procesamiento de sustrato	
Área de acondicionamiento del sustrato	
Área de tratamiento térmico o químico del sustrato	
Área de sembrado del sustrato	

9.	Utilización de agentes químicos para el tratamiento de sustratos	Siempre	La mayoría de las veces	En ocasiones	Nunca
10.	Utilización de métodos térmicos para el tratamiento del sustrato	Siempre	La mayoría de las veces	En ocasiones	Nunca
11.	Filtración de aire en el área de sembrado de sustrato	Filtración con filtros hepa	Filtración sencilla	Cambio de presión en las puertas	No se cuenta con esta área
12.	Área de herramientas utilizadas en el tratamiento del sustrato lejos del área de fructificación	Para todas las herramientas	Para la mayoría	Solo algunas	Ninguna

13. ¿La manipulación del sustrato se hace de manera completamente inocua?

- 1) Siempre 2) Frecuentemente 3) Algunas veces 4) Nunca

14. Indique la manera en que se manipula el sustrato en el momento de adquirirlo y resguardarlo

15. Indique la manera en que se manipula el sustrato en el momento de su inoculación

II. FRUCTIFICACIÓN DE BASIDIOCARPOS

2.1 Infraestructura material y espacios

36. ¿Su planta cuenta con un plan de sanidad vigente?

- 1) Si 2) No formalmente 3) Está en proceso 4) No

37. ¿Existen protocolos resguardados sobre el control de plagas, mantenimiento, sanidad y limpieza u otras actividades relacionadas con el plan de inocuidad?

- 1) Si 2) En la mayoría de las áreas 3) Casi en todas las áreas 4) No

Almacenamiento de los insumos de producción

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
38.	Área o áreas específicas para el resguardo de materiales de producción	Si cuenta con áreas específicas	En algunos casos		No cuento con área específica
39.	Información sobre el origen y la composición del sustrato por parte de los proveedores	En todos los casos	En la mayoría de las compras	Solo en algunas ocasiones	Nunca
40.	Los lugares de almacenamiento del sustrato se encuentran correctamente separados de los lugares de tratamiento del sustrato	Completamente	Distancia intermedia		No

41. Describa brevemente la o las áreas de almacenamiento de los insumos de producción

Limpeza y sanidad

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
42.	Sistema de documentación de las áreas que deben ser limpiadas o sanitizadas	Siempre	Solo en áreas clave	Casi en ningún área	Nunca
43.	Documentación sobre Procedimientos y frecuencias de limpiado e individuos responsables	Siempre	Solo en áreas clave	Casi en ningún área	Nunca
44.	El interior de los edificios es regularmente limpiado	Siempre	Casi siempre	Solo algunas veces	Nunca
45.	Los contenedores reusables y los cuchillos son limpiados regularmente después de cada uso	Siempre	Casi siempre	Solo algunas veces	Nunca

Sobre el control de sanidad

46. Áreas de limpieza y sanidad que regularmente atiende	47. Documentación que resguarda (X)				48. Uso de métodos seguros de limpieza y sanidad (X)				
	Fecha	Hora	Químico usado	Nombre del aplicador	Uso de ropa adecuada	Uso de calzado adecuado	Uso de cofias	Uso de cubre bocas o mascarilla	Uso de guantes

Baños

49. ¿Se limpian y sanitizan los baños todos los días?

1) Si

2) Casi siempre

3) En ocasiones

4) No

50. Equipamiento de los baños (X)							
Ventilación adecuada	Tiene puertas	Agua limpia	Papel de baño constante	toallas	Jabón	Botes de basura	Señalización sobre lavarse las manos después de ir

Inocuidad del agua

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
51.	El agua utilizada para el funcionamiento de la planta es potable	Si	La mayor parte del tiempo	Solo en ocasiones	No estoy seguro
52.	El agua utilizada es regularmente analizada para químicos y microorganismos	Si	La mayor parte del tiempo	Solo en ocasiones	No estoy seguro
53.	Los antimicrobianos se agregan al agua que está en contacto con los hongos	Si	Solo en ocasiones	La mayor parte del tiempo	No estoy seguro
54.	Los sistemas de tuberías son inspeccionados regularmente	Si	La mayor parte del tiempo	Solo en ocasiones	No estoy seguro

Etiquetado, uso y resguardo de productos químicos

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
55.	Los contenedores químicos son correctamente etiquetados	Siempre	Frecuentemente	Casi nunca	Nunca
56.	Los contenedores químicos tienen instrucciones para su uso correcto	Siempre	Frecuentemente	Casi nunca	Nunca

57.	Los compuestos tóxicos son resguardados en lugares apropiados, libres de humedad y lejos de las áreas de producción	Siempre	Frecuentemente	Casi nunca	Nunca
-----	---	---------	----------------	------------	-------

58. Mencione los químicos que utiliza comúnmente en la planta de producción

Control de plagas

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
59.	Existe un programa de control de pestes documentado	Siempre	Se aplica la mayoría de las veces	Casi nunca se aplica	No se aplica
60.	Los pesticidas son utilizados únicamente por expertos o por personal bajo supervisión	Siempre	Se aplica la mayoría de las veces	Casi nunca se aplica	No se aplica
61.	Existe alguna planeación sobre cada cuando se deben aplicar los insecticidas	Siempre	Se aplica la mayoría de las veces	Casi nunca se aplica	No se aplica

Sobre las plagas más comunes

62. Plagas que se presentan habitualmente en la planta (X)							
Riesgo de presencia de la plaga	Ratas	Ratones	Babosas	Moscas	Moscas micófagas	Pájaros	Ácaros
Bajo							
Medio							
Alto							

Reclamo sobre el producto

No. De preguntas	Preguntas	1	2
63.	Existe un programa en curso para responder a las dudas y los reclamos de los compradores	Si	No
64.	Los lotes de hongo tienen algún tipo de etiqueta de manera que puedan ser rastreables	Si	No

Mantenimiento del equipo y calibración

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3
65.	Existe un programa de mantenimiento del equipo que asegure que están funcionando de la manera correcta	Si	Solo cuando se averían	No
66.	Se utilizan lubricantes de grado alimenticio en el equipo que va a estar en contacto con los hongos	Si	Algunas veces	No

2.2 Capacitación o experiencia técnica

67. ¿Contrata Ud. empleados para la producción de HCs? 1) Si 2) No

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
68.	Existe algún programa de capacitación sobre alimentos desarrollado para los nuevos empleados y sesiones regulares de nuevas capacitaciones	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Nunca
69.	Los esfuerzos de capacitación están abalados por firmas que instruyan a los trabajadores para que se responsabilicen de producir hongos inocuos	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Nunca

Prácticas de higiene de los trabajadores para prevenir la contaminación de los hongos

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
70.	Todas las prácticas de higiene pertinentes en las diferentes áreas están documentadas y disponibles para los trabajadores	Todas	Casi todas	Algunas de ellas	Ninguna
71.	Los trabajadores están conscientes sobre lavarse las manos después de ir al baño y después de estar en contacto con tierra	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	No lo están
72.	A los trabajadores con diarrea, heridas abiertas e infecciones de la piel se les prohíbe entrar a las naves	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	No se les prohíbe
73.	Los cosechadores visten la ropa adecuada además del cubrimiento de cabello adecuado para no exponer a los hongos	Siempre	Casi siempre	Le doy poca importancia	Nunca
74.	Las joyas y otros objetos personales que pudieran caer en la producción están prohibidos	Siempre	Casi siempre	Le doy poca importancia	Nunca
75.	A los trabajadores se les prohíbe masticar chicle, comer, beber o fumar en áreas de producción	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	No se les prohíbe
76.	Las cosas personales y la comida de los trabajadores están en áreas designadas fuera de las áreas de producción	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	No existen áreas
77.	El movimiento de los trabajadores sobre las áreas de producción y las áreas de composteo o manejo del sustrato es controlado	Siempre	Casi siempre	Le doy poca importancia	Nunca
78.	Los estándares de higiene están bien controlados y especificados para los	Siempre	Casi siempre	Le doy poca importancia	No le doy importancia

	trabajadores, visitantes y técnicos				
--	-------------------------------------	--	--	--	--

III. COSECHA Y POSTCOSECHA

Áreas

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
79.	Las puertas y ventanas están adecuadamente aseguradas para evitar la entrada de personal no autorizado	Todas	La mayoría de las puertas y ventanas	Están parcialmente aseguradas	Ninguna está asegurada
80.	Cuenta con señalización sobre las áreas y las restricciones para los visitantes en las entradas	Si	En la mayoría de las áreas	Solo en algunas áreas	Ninguna
81.	La actividad de los trabajadores es adecuadamente inspeccionada para que no ponga en riesgo la calidad del producto	Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Nunca

3.1 Cosecha

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
82.	Los lugares de cosecha están correctamente separados del lugar de tratamiento del sustrato	Si	La mayoría de los espacios	Solo algunos espacios	Ninguno
83.	El equipo y los suministros que son usados para el crecimiento de los hongos son adquiridos con proveedores confiables con un antecedente de producciones de alta calidad	Si	En algunas ocasiones	Solo algunas veces	No estoy seguro
84.	Los proveedores de contenedores como bolsas, cajas, cubetas, etc. ¿Tienen	Si	En algunas ocasiones	Solo algunas veces	No estoy seguro

	documentación sobre si las superficies pueden entrar en contacto con los hongos sin poner en riesgo su inocuidad				
85.	Los contenedores de los hongos cosechados son aislados completamente para que ningún agente externo pueda introducirse	Todos	La mayoría	Solo algunos	Ninguno

Limpeza de los insumos requeridos

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
86.	Los pisos son regularmente limpiados	Siempre	Regularmente	Casi nunca	Nunca
87.	Los desechos son colocados en contenedores específicos y regularmente removidos	Siempre	Regularmente	Casi nunca	Nunca
88.	Las luces están colocadas de tal manera que no atraigan la presencia de insectos en las naves de producción	Todas	La mayoría de las luces	Solo algunas luces	Ninguna
89.	El tráfico vehicular está restringido para prevenir la contaminación cruzada	Siempre	La mayoría de las veces	Solo algunas veces	Nunca
90.	El interior de las naves está limpio y con suficiente espacio para el movimiento de los trabajadores	Si	Frecuentemente	Solo en ocasiones	Nunca
91.	Los materiales de desecho son depositados y etiquetados en un contenedor que	Siempre	Casi siempre	Pocas veces	Nunca

	diariamente se vacía				
92.	Las luces se encuentran protegidas de manera que no ocurra una contaminación por vidrio	Si	La mayoría	Solo algunas	Ninguna
93.	Existen controles para prevenir la contaminación acarreada por los pies	Si	Solo en áreas estratégicas	Casi en ningún área	En ningún área
94.	Los contenedores de cosecha son completamente exclusivos para ese fin y no se usa para desechos	Son completamente exclusivos	La mayoría de las ocasiones	Solo en algunas ocasiones	No son exclusivos en absoluto
95.	Los contenedores de cosecha están intactos de manera que no tengan ninguna clase de astilla	Todos	La mayoría	Solo algunos	Ninguno
96.	Los contenedores de cosecha son limpiados cada vez que son usados	Siempre	Casi siempre	Solo en ocasiones	Nunca
97.	Existen medidas de control para prevenir que la herramienta que se usa en el área de preparación de los sustratos no se use en el área de fructificación	Existen medidas estrictas	Rara vez se utilizan en ambas	Regularmente se utilizan en ambas	Siempre se utilizan en ambas
98.	Las herramientas de limpieza son regularmente limpiadas y sanitizadas	Siempre	Casi siempre	Pocas veces	Nunca
99.	Las reparaciones para edificios y equipo se hacen con material adecuado y permanente	Siempre	Casi siempre	Pocas veces	Nunca

100. En relación con los desechos de producción de los hongos

Tipo de desecho	Cant desech (kg, lt/)			Que uso le da	Qué problemas ha tenido	Como ha logrado solucionarlos o como sugeriría Ud. podría soluc.
	Sem	mes	año			
Substrato						
Plástico						
Agua						
Otro especif.						

3.2 Manejo postcosecha

Empacamiento y protección de los hongos cultivados

No. De preguntas	Preguntas	1	2	3	4
101.	Se previene que los contenedores para a cosecha de hongos no toquen el suelo mientras se empacan	Siempre	Casi siempre	Solo algunas veces	Nunca
102.	Los contenedores de hongos que se usan previenen que se deposite alguna contaminación cruzada en el producto	Siempre	Casi siempre	Solo algunas veces	Nunca
103.	Los hongos son movidos a áreas de refrigeración a más tardar 4 horas después de su cosecha	Siempre	Casi siempre	Solo algunas veces	Nunca
104.	El transporte que se usa es inspeccionado para cualquier residuo que contenga como basura antes de ser cargado	Siempre	Casi siempre	Solo algunas veces	Nunca
105.	Los hongos que se ha caído al suelo o han tenido contacto con fluidos corporales son descartados o considerados contaminad	Siempre	Casi siempre	Solo algunas veces	Nunca

13.2 Lineamientos generales de las buenas prácticas de inocuidad en la producción de hongos.

Recomendaciones con base en lineamientos establecidos y comparados de diferentes instituciones y países (Siller-Zepeda *et al.* 2002; American Mushroom Institute, 2008; Pardo *et al.*, 2013; Pintado *et al.*, 2012; FSMA, 2013).

1. Incluir un plan o programa que incluya información de los procesos relacionados con el plan de sanidad que incluyan:
 - 1.1 Nombre, dirección e información de contacto.
 - 1.2 Nombre y contacto de la persona o institución que está a cargo de revisar y coordinar el programa de inocuidad.
 - 1.3 Localización y descripción de los recursos hídricos que se usan y la frecuencia de examinación de la misma.
 - 1.4 Localización y descripción de los químicos potencialmente peligrosos que se encuentran en la planta de producción.
 - 1.5 Procedimientos de operación que deben incluir: Un diagrama de la granja de producción, un diagrama de flujo de la producción que regularmente se lleva a cabo, bitácora sobre la limpieza y condición de los baños, además de la frecuencia del lavado de manos.
2. Inocuidad del agua: El agua prácticamente es usada para todos los procesos en la planta de producción, desde el consumo de agua potable por las personas hasta el riego de los hongos, por lo que el objetivo de este apartado es que el agua utilizada sea segura para todos los procesos.
 - 2.1 El agua debe ser analizada para microorganismos mínimos cada 6 meses.
 - 2.2 Si el agua contaminada está en contacto con los hongos, el nivel de riesgo para el consumidor debe ser determinado y el producto descartado o mandado a analizar.
 - 2.3 Los grifos y las mangueras en el área de producción deben tener dispositivos de prevención de flujo donde sea necesario para prevenir contaminación cruzada por agua.
 - 2.3.1 Instalar tapones en los grifos y mantener las mangueras y los grifos a una distancia pertinente de entradas de aire y tanques con químicos para prevenir la contaminación del agua.
 - 2.3.2 Monitorear el uso correcto y el resguardo de las mangueras.
 - 2.4 En la bitácora de este apartado se debe tener:
 - 2.4.1 La procedencia del agua y la forma y frecuencia del análisis de la misma.
 - 2.4.2 Examen anual de análisis de gobierno.
 - 2.4.3 Resultados de análisis de laboratorio privado.
 - 2.4.4 Verificación diaria de los lineamientos y revisión anual.
3. Higiene de los trabajadores y prácticas para prevenir la contaminación de los hongos: La higiene de los trabajadores es de suma importancia ya que en sus hábitos puede generarse o no contaminación hacia los hongos cosechados
 - 3.1 Prácticas de higiene de trabajadores y visitantes.

- 3.1.1 Pedir a las personas que están en contacto con los hongos que siempre usen ropa limpia.
- 3.1.2 Prohibir zapatos abiertos, sandalias, faldas cortas o uñas largas.
- 3.1.3 Si requiere ropa especial para el área, poner un área de cambio de ropa si los trabajadores tienen que desplazarse a áreas como el baño o área de procesamiento del sustrato.
- 3.2 Los trabajadores en el área de fructificación deben lavarse las manos antes de comenzar a trabajar y para lavarlas deben seguir los siguientes pasos:
 - 3.2.1 humedecer las manos con agua.
 - 3.2.2 aplicar jabón.
 - 3.2.3 durante 10 a 15 segundos tallar vigorosamente los dedos, las puntas de los dedos, debajo de las uñas, entre los dedos, ambas partes de la mano y parte del antebrazo.
- 3.3 Deben utilizarse cofias en el área de fructificación.
 - 3.3.1 Los trabajadores y visitantes de las áreas de fructificación deben utilizar algún tipo adecuado de cubrimiento de cabello.
- 3.4 A los trabajadores con signos de infección o enfermedad se les debe prohibir entrar a las áreas de producción.
 - 3.4.1 A los trabajadores con signos de diarrea, fiebre, vómito e infecciones en la piel se les debe prohibir entrar.
 - 3.4.2 Proteger heridas de zonas expuestas al ambiente con bandas elásticas.
 - 3.4.3 No permitir trabajadores con heridas grandes, las cuales sean imposibles de cubrir correctamente.
- 3.5 Joyería u otros objetos personales que puedan caer dentro del producto deben ser prohibidos de las áreas de fructificación o cualquier otra área donde se requiera manipulación.
 - 3.5.1 Prohibir en el área de producción aretes, relojes, anillos y piedras a menos que estén cubiertas por guantes.
 - 3.5.2 Prohibir en el área de producción lapiceros, lápices, clips, monedas o algún otro objeto a menos que este adecuadamente protegido para que no caiga.
- 3.6 Comida y bebidas, goma de mascar y tabaco deben ser prohibidas en el área de fructificación o cualquier otra área en donde exista la posibilidad de contaminación.
 - 3.6.1 Contar con áreas específicas para comer y beber, además de fumar.
- 3.7 El movimiento de los visitantes y los trabajadores en el área de manejo o preparación de sustrato, área de fructificación o alguna otra área debe ser controlado para prevenir la contaminación cruzada.
 - 3.7.1 Decir a los empleados que no se trasladen a otras áreas de trabajo a menos que un supervisor lo autorice.
- 4. Lavado de manos y equipamiento de los baños: un baño mal equipado y la falta de frecuencia en el lavado de las manos puede ser un recurso importante de contaminación, por lo que se le debe poner especial énfasis.

- 4.1 Los baños deben estar limpios y bien ventilados, con puertas y con suficiente papel de baño. Contar con lavabos que estén limpios, que tengan agua corriente y tengan suficiente jabón, toallas y botes de basura.
- 4.2 Poner una guía en los baños sobre como lavarse las manos.
5. Seguridad del producto: Los cultivadores deben tomar precauciones para prevenir la contaminación intencional. Identificar áreas que puedan poner en riesgo el producto y vigilarlas. Además, se debe planear como responder a amenazas en la seguridad del producto y cómo actuar con ayuda de autoridades gubernamentales.