UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIAS

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

"REVISIÓN DOCUMENTAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL DE LOS HONGOS COMESTIBLES"

AUTORES

LOURDES JANNETH CAGUANA MORALES

KATHERINE LISSETTE CALDERÓN AGUILERA

DIRECTOR DE PROYECTO / TRABAJO

PATRICIO RUIZ MARMOL, Ph. D.

Puyo – Ecuador

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Quienes suscriben Lourdes Janneth Caguana Morales con C.I 060542723-6; Katherine Lissette Calderón Aguilera con C.I 080448905-2, hacen constar que son autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: REVISIÓN DOCUMENTAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Patricio Ruiz Mármol, Ph.D. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 7 días del mes de julio del 2021.



……

Lourdes Janneth Caguana Morales

C.I: 0605427236-6



……

Katherine Lissette Calderón Aguilera

C.I: 080448905-2

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del Trabajo de Integración Curricular aprueba el proyecto de Investigación titulado: “REVISIÓN DOCUMENTAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL”.

Firmado electrónicamente por:
MONICA PAULINA ECHEVERRIA GUEVARA

Mónica Paulina Echeverria Guevara, Ph. D

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
EDWIN FERNANDO BASANTES BASANTES

MSc. Edwin Fernando Basantes Basantes

Miembro del tribunal

Firmado electrónicamente por:
AIDA SALOME ROMERO

MSc. Aida Salome Romero Vistín

Miembro del tribunal

Certificado No. 198-SAU-UEA-2021

Puyo, 21 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a las estudiantes: Lourdes Janneth Caguana Morales, con C.I. 06054272366 y Katherine Lissette Calderón Aguilera, con C.I. 0804489052, con el Tema: **"REVISIÓN DOCUMENTAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, PROPIEDADES NUTRICIONALES Y SU APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL DE LOS HONGOS COMESTIBLES.",** de la carrera, Ingeniaría Agroindustrial. Director de la investigación, Dr. Hernán Patricio Ruiz Mármol, Ph.D., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 5%, Informe generado con fecha 21 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR

©2021, Nombre del o los autores: Lourdes Janneth Caguana Morales; Katherine Lissette Calderón Aguilera.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Lourdes Janneth Caguana Morales, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



LOURDES JANNETH CAGUANA MORALES

No. Cédula: 060542723-6

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Katherine Lissette Calderón Aguilera, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



KATHERINE LISSETTE CALDERÓN AGUILERA

No. Cédula: 080448905-2

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por la vida, sabiduría y fuerzas concedidas en el transcurso de mi carrera.

A mis padres, hermanos y familiares por su apoyo, confianza y consejos que a lo largo de mi vida me ayudaron a superar dificultades y tropiezos.

El más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica, en especial a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial y docentes en donde cuyas aulas han formado nuestros pensamientos e intelectos de manera profesional.

A mi tutor Patricio Ruiz Mármol, Ph. D., por el acompañamiento, paciencia, consejos y dirección durante el desarrollo exitoso del presente trabajo tan anhelado.

A mis amigos Andreina Duchicela, Kurinua Saant, Johanna Carrera, Katherine Calderón, Margarita Pupiales, Lucia Paillacho, Cecilia Rojas, Jeaneth Velasque, Jennifer Simbaña, Fernanda Vargas, Mariano Cisneros, Jefferson Castro y compañeros que formaron parte de mi vida motivándome a seguir adelante, dándome ánimos y compartiendo experiencias durante este transcurso, por más difícil que se torne la situación.

En especial a Maritza Cagua, Paul Velastegui, Johana Valencia con quienes compartí momentos dolorosos y significativos que han marcado mi existir.

Lourdes Janneth Caguana Morales

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres y abuelitos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años de preparación, por los consejos, valores y principios que me han inculcado y gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi hermana (os) por estar siempre presentes y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi tutor Patricio Ruiz Mármol, Ph. D., por el acompañamiento, paciencia, consejos y dirección durante el desarrollo exitoso del presente trabajo tan anhelado.

El más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica, por darme la oportunidad de ser parte de ella, de abrirme sus puertas y en especial a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, así también a los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesionalmente.

Y para finalizar agradezco a todas mis amigas en especial a mi compañera de tesis y amiga Lourdes Caguana por su colaboración fundamental durante el desarrollo de este trabajo, a Rosa Carrera, Amparito Zurita y Margoth Carrera por el apoyo incondicional y a todos los que fueron mis compañeros de clases durante todos los niveles de la Universidad, ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral que me brindaron pude seguir adelante con mi carrera profesional.

Katherine Lissette Calderón Aguilera

DEDICATORIA

A Dios por haberme concedido la vida y a ver podido realizar mis estudios cumpliendo uno de mis más grandes anhelos.

A mi madre Inés Morales, a mi padre Luis Alberto Caguana y su esposa Angélica Cayambe, que han sido parte fundamental durante mi carrera y en mi vida, quienes, con sacrificio, amor y constancia, inculcaron en mí el respeto, lealtad y amor al prójimo, guiándome así por el camino al éxito.

A mi hija Arelis Angeline por ser mi motor, inspiración y razón de seguir, quien, con su valentía, carisma, alegría marco grandes experiencias en mi vida, tuve el grato honor de compartir siete meses de su vida, hasta el día que emprendió su viaje al cielo a mediados de mi carrera universitaria, mi pequeña siempre serás mi fuerza y amor eterno.

A mis hermanos Alex Dario y Magally Elizabeth por su cariño, amor, consejos y estar presentes acompañándome con su apoyo incondicional.

A mis hermanos Michael Mendoza, Melendi Mendoza y sobrinas Jerssy Moreta, Kathie Bravo, Jeymi Caguana, Emely Moreta por ser un pilar fundamental de fuerza y amor en mi vida.

A la Sra. Lidia Patricia Morocho quien ha sido como una madre para mí, brindándome palabras de aliento, consejos, un espacio en su familia y de una u otra forma me acompaña en todas mis metas y sueños.

A mi mejor amigo Efrén Carcelén por su confianza, compañerismo y motivación, quien ha sido como mi hermano, siempre aconsejándome y guiándome por el camino correcto.

A mis maestros que formaron parte de mi formación profesional y que aportaron con sus conocimientos para poder culminar esta meta propuesta.

Lourdes Janneth Caguana Morales

DEDICATORIA

Dedico primeramente a Dios por permitirme tener vida, salud y poder realizar uno más de mis propósitos anhelados.

A mis padres Fausto Calderón e Ángela Aguilera y mis abuelitos Estela Calderón e Isaias Calderón que con su esfuerzo y dedicación forjaron en mí una excelente persona, me enseñaron ser un gran ser humano, todos mis logros se los debo a ustedes, que siempre estuvieron conmigo apoyándome en todo momento por lo que siempre estaré agradecida con ustedes y jamás lograre pagarles todo lo que hicieron por mí.

A mis hermanos que me brindaron su apoyo moral, paciencia y cariño, me enseñaron que con el trabajo y perseverancia se encuentra el éxito profesional.

A mis queridos sobrinos en especial Maykel y Jeycob ya que me motivaban a seguir adelante y así poder concluir con mi meta propuesta que es terminar una etapa más en mi vida profesional.

A mis maestros que formaron parte de mi formación profesional y que aportaron con sus conocimientos para poder culminar esta meta propuesta.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a todas mis amigas y compañeras por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles que se presentaron en esta etapa de formación profesional.

Katherine Lissette Calderón Aguilera

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular surge porque el desarrollo actual de la población mundial demanda cada día una mayor cantidad de alimentos, englobando una necesidad en cubrir esta área, por lo que es necesario dar a conocer que en nuestro medio el desconocimiento de los sistemas de producción, las propiedades nutricionales y aplicación agroindustrial de los hongos comestibles, son un factor de limitación ante la producción de alimentos alternativos nutritivos y seguros, con el único objetivo de revisar de manera documental los sistemas de producción, propiedades nutricionales y la aplicación agroindustrial de los hongos comestibles, misma que se desarrolló a través de una investigación exploratoria, descriptiva basada en investigaciones documentadas, que se encontraron en la red con la utilización de diferentes herramientas de búsqueda, por medio de la selección y recopilación de información en base a una lectura crítica.

Se obtuvo los siguientes resultados: los hongos comestibles permiten obtener un alimento de alto valor nutricional (alto contenido de proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas y bajo contenido en lípidos), por medio del empleo de sistemas de producción (sistema americano, sistema holandés, sistema francés) de fácil manejo, menor gasto económico y mayor rendimiento con factibilidad y eficacia, mismas que dejan espacio a la creación de nuevos productos con propiedades saludables, reducen el riesgo de enfermedad o lo mejoran funciones del organismo.

Palabras clave: hongos comestibles, setas, cuerpo fructífero, valor nutricional, saludables.

ABSTRACT

The present work of curricular integration arises because the current development of the world population demands a greater quantity of food every day, encompassing a need to cover this area, so it is necessary to make known that in our environment the ignorance of the systems of production, nutritional properties and agro-industrial application of edible mushrooms are a limiting factor in the production of nutritious and safe alternative foods, with the sole objective of reviewing in a documentary way the production systems, nutritional properties and agro-industrial application of the edible mushrooms, which was developed through exploratory, descriptive research based on documented research,that were found in the network with the use of different search tools, through the selection and compilation of information based on a critical reading.

The following results were obtained: edible mushrooms allow to obtain a food of high nutritional value (high content of proteins, carbohydrates, minerals, vitamins and low content of lipids), through the use of production systems (American system, Dutch system, French system) easy to use, lower cost and higher performance with feasibility and efficiency, which leave space for the creation of new products with healthy properties, reduce the risk of disease or improve body functions.

Keywords: Edible mushrooms, mushrooms, fruiting body, nutritional value, healthy.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN 1
1.1 Planteamiento del problema 2
1.2 Objetivos 2
1.2.1 Objetivo general 2
1.2.2 Objetivos específicos 2
1.3 Justificación 2
CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 4
2.1 Hongos comestibles 4
2.1.1 Origen 5
2.1.2 Características distintivas de los hongos 6
2.1.3 Morfología del hongo comestible 6
2.1.4 Estudio científico y tecnológico de los hongos comestibles 8
2.1.5 Requerimientos físicos para el crecimiento de los hongos 9
2.1.6 Sistemas de producción de hongos comestibles 14
2.1.7 Compostaje generado del post-cultivo de hongos comestibles 25
2.1.8 Principales hongos comestibles a nivel mundial 26
2.2 Propiedades nutricionales de los hongos comestibles 29
2.2.1 Valor nutricional de los hongos comestibles 30
2.2.2 Potencial medicinal 37
2.3 Aplicaciones agroindustriales de los hongos comestibles 38
2.3.1 Hongos deshidratados 40
2.3.2 Enlatado de Agaricus bisporus en aceite de oliva 41

2.3.3 Salsa de hongos (Pleurotus ostreatus).....42
2.3.4 Nuggets vegetal de champiñón (Agaricus bisporus).....43
2.3.5 Aderezo de champiñones 43
2.3.6 Congelación criogénica de enchiladas con Pleurotus ostreatus.....44
2.3.7 Hongo Pleurotus ostreatus como sustituto de carne en salchicha.....45
2.3.8 Productos que incluyen en su composición hongos comestibles.....45
CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 47
3.1 Tipo o Diseño de Investigación:.....47
3.2 Métodos de Investigación.....47
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS 48
4.1 Principales sistemas de producción de hongos comestibles 48
4.2 Propiedades nutricionales de los hongos comestibles 49
4.3 Aplicaciones industriales de los hongos comestibles 50
Conclusiones 51
Recomendaciones.....51
REFERENCIAS 53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1 *Producción de Pleurotus pulmonarius* 12
Tabla 2- 2 *Producción de Pleurotus ostreatus*.....13
Tabla 2- 3 *Producción de Pleurotus djamor*.....13
Tabla 2- 4 *Composición de las mezclas de cobertura*.....19
Tabla 2- 5 *Características de los materiales de cobertura*.....19
Tabla 2- 6 *Características de los materiales de cobertura*.....20
Tabla 2- 7 *Estudio de tres sustratos para cultivo de hongos comestibles*.....23
Tabla 2- 8 *Parámetros y contenido del sustrato postcultivo para P. ostreatus*.....25
Tabla 2- 9 *Comparación de alimentos ante hongos del género Pleurotus spp.* 31
Tabla 2- 10 *Propiedades nutricionales (macronutrientes) género Preurotus*.....32
Tabla 2- 11 *Propiedades nutricionales (micronutrientes) género Preurotus*.....32
Tabla 2- 12 *Comparación de contenido en macronutrientes en alimentos* 33
Tabla 2- 13 *Composición nutricional con un peso promedio de 100 gr*.....34
Tabla 2- 14 *Comparación aminoacídica de la proteína de P. ostreatus y A. bisporus* 35
Tabla 2- 15 *Usos industriales de los macromicetos*.....40
Tabla 2- 16 *Patentes de productos que incluyen en su composición hongos comestibles* 46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2- 1 *Elaboración de Enlatado de Agaricus bisporus en Aceite de Oliva*.....42

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

El hombre primitivo buscó un lugar para alojarse, también tenía otras necesidades físicas primarias, como era vestirse y alimentarse. En un principio el hombre consumía alimentos con el fin de satisfacer el hambre, tomándolos directamente de la naturaleza por medio de actividades de recolecta de productos silvestres, con el tiempo descubrió nuevos y variados sabores, tanto de materia prima como vegetal (Monroy, 2004). Los hongos eran recolectados en la antigüedad con fines terapéuticos y alucinógenos, más sin embargo, el estudio de los hongos comestibles y tóxicos inicio en los años 60, generando interés no solo del punto de vista científico, sino desde la perspectiva económica, dando inicio a la implementación de sistemas de producción bajo control, para su obtención (Antón y Lizaro, 2001). Se tiene registros de que se realizó por primera vez el cultivo de hongos comestibles (*Auricularia auricula-judae*) en China cerca del año 600 de nuestra era, el champiñón (*Agaricus campestris*) inicio a cultivarse en Europa en el año 1650, dando lugar al inicio del cultivo comercial (Golzalbo, 2021).

En la actualidad la distribución de la producción de los hongos cultivados "por países en Iberoamérica es muy heterogénea. España es el país que más produce champiñones y setas, aunque en cuanto a producción de shiitake es rebasado por Brasil" (Sánchez y Mata, 2012, p. 10). En el Ecuador el cultivo de hongos comestibles llego con la empresa Kennet S. A, en 1969 (Freire y Vásquez, 2015). Este cultivo representa para el Ecuador una gran oportunidad de negocios, debido a que es un país agrícola y forestal, puede cubrir con los requerimientos que se necesita para la producción del mismo, utilizando materiales de origen animal y vegetal, por lo general desechos agroindustriales orgánicos que se pueden tratar para convertirlos en sustratos o compost, es amigable con el medio ambiente. A su vez la obtención de hongos comestibles representa un desafío ya que es un producto no tradicional (Carranza, Luzuariaga y Mejía, 2005).

El consumo de hongos comestibles debería marcar un aumento tanto por sus propiedades medicinales como por su delicioso y suave sabor, más sin embargo este cultivo en nuestro país sigue siendo un tanto desconocido a consecuencia de carencia de información, promoción y difusión. Las propiedades nutricionales de los hongos comestibles son más completas ante otros productos, poseen proteínas, carbohidratos,

lípidos, vitaminas y minerales. Dentro de las propiedades medicinales abarca efectos antitumorales, efectos antivirales, antiinflamatorio, control de colesterol, efecto hepatoprotector, antihipertensión, entre otros en estudio (Loor, 2008). “Las múltiples dimensiones de una alimentación apropiada se ven reflejadas en la definición de la seguridad alimentaria y nutricional” (Viera, 2012) la desnutrición no solo es un problema propio de la pobreza, sino que también abarca a sus prácticas alimenticias o alimentos. Para mayor perspectiva según la UNICEF (2018) la desnutrición crónica infantil en Ecuador ocupa el segundo puesto después de Guatemala, se comprende que uno de cuatro niños y niñas de 5 años la padecen.

1.1 Planteamiento del problema

El desarrollo actual de la población mundial demanda cada día una mayor cantidad de alimentos, englobando una necesidad en cubrir esta área, por lo que es necesario dar a conocer que en nuestro medio el desconocimiento de los sistemas de producción, las propiedades nutricionales y aplicación agroindustrial de los hongos comestibles, son un factor de limitación ante la producción de alimentos alternativos nutritivos y seguros.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

- Revisar de manera documental los sistemas de producción, propiedades nutricionales y la aplicación agroindustrial de los hongos comestibles

1.2.2 Objetivos específicos:

- Analizar diferentes fuentes bibliográficas sobre los sistemas de producción de los hongos comestibles
- Examinar la información documentada de las propiedades nutricionales de los hongos comestibles
- Inspeccionar las aplicaciones agroindustriales de los hongos comestibles

1.3 Justificación

Hoy en día la población mundial demanda una mayor cantidad de alimentos generando falta de materia prima, por lo que se ve afectada al mantener una dieta que no cumple con los requerimientos calóricos y nutritivos, haciendo evidente la inseguridad

alimentaria lo que acarrea desnutrición tanto en zonas rurales como en zonas urbanas del Ecuador. La actividad agroindustrial brinda una alternativa en la valorización de recursos locales para hacer frente a la crisis alimentaria (Vallejo, 2012).

Los hongos son organismos con hábitos de crecimiento y de vida bastante peculiares y se desarrollan en muchos tipos de hábitat. Encontramos hongos con hábitos solitarios o gregarios, creciendo en las profundidades de nuestros bosques y de igual forma los podemos encontrar a la orilla de las carreteras o en el centro de nuestras ciudades e incluso creciendo en nuestros jardines y patios. Los mismos presentan una gran diversidad de formas, colores, tamaños, así como también características diversas, revisando entre los hongos encontramos los medicinales, los venenosos, los alucinógenos y los comestibles, estos últimos pueden ser silvestres o cultivados (De León y Vega, 2020, p. 1).

Los hongos comestibles representan un recurso natural poco estudiado y explotado. La investigación de revisión de los sistemas de producción, propiedades nutricionales y aplicaciones agroindustriales de los hongos comestibles a través de una investigación exploratoria, descriptiva basada en investigaciones documentadas, que se pueden encontrar en la red a través de diferentes herramientas de búsqueda, es de vital importancia debido al escaso conocimiento en nuestro medio para poder presentar a nuestra comunidad información actualizada que servirá para el desarrollo de futuras investigaciones, conocer los métodos del proceso de cultivo, valor nutricional y la creación de productos alimenticios alternativos.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Hongos comestibles

Según Calderón y Gallegos (2016) “Los hongos son vegetales que no tienen clorofila, ni poseen flores. Su hábitat generalmente está relacionado con sitios frescos y húmedos sobre un medio o soporte alimenticio (sustrato)” (p. 40). Los hongos comestibles son un súper alimento, presenta una gestión más ecológica y rentable, muestra beneficios para la salud “son comida sana”, se utilizan para preparación de suplementos nutricionales y medicinales, también ofrecen una oportunidad de negocio por su rentabilidad y economía al momento de cultivarlos (AFINET 2019).

Los hongos son alimentos maravillosos con una textura y un sabor agradables. El cultivo de hongos comestibles es una de las formas más efectivas de convertir el desecho de las plantas en alimento. Los hongos contienen el doble de proteínas que las verduras y contienen nuevos aminoácidos esenciales. También son ricos en minerales (en mayor cantidad que la carne y pescado), bajos en calorías y bajos en carbohidratos. Algunos de estos hongos se utilizan con fines medicinales, ya que tienen propiedades conocidas y reportadas, como controlar los niveles de colesterol en sangre, producir antioxidantes y estimular el sistema inmunológico (Heredia, 2010).

Según Pinos (2020) los hongos son organismos que forman un grupo diferente de los reinos vegetal o animal. Poseen células eucariotas, son heterótrofos, portadores de esporas y carecen de clorofila. Abarcan más de 1000 especies reunidas en 20 clases se distinguen los hongos sin pared celular que son myxomicota y los hongos verdaderos o eumycota. Su forma de reproducción puede ser sexual o asexual. Con base a su tamaño y su forma de crecimiento se distinguen los hongos macroscópicos y los microscópicos (p. 10).

Los hongos son un grupo diferente de organismos más emparentados con los animales que con las plantas. Basándonos en un conocimiento preciso de su estructura bioquímica y genética, constituido especialmente en los últimos treinta años, los hongos se dividen actualmente en tres reinos separados y distintos. Es erróneo y podría ser mal interpretado referirse a los hongos como “plantas sin clorofila” (Boa, 2005, p. 7).

Los hongos comestibles son una alternativa de fuente alimentaria para muchas familias debido a su gran valor nutritivo, es por eso que se debería fomentar su cultivo para

el consumo de la población (Silva, Consuelo, Cubillos y Díaz, 2010). Los hongos son organismos unicelulares o pluricelulares que presentan características intermedias entre los animales y vegetales. Su nutrición es heterótrofa, es decir, no realizan la fotosíntesis. Al igual que en los animales, su reserva energética es el glucógeno. Sus células, salvo en los grupos inferiores, no suelen estar desnudas, sino recubiertas por una membrana que frecuentemente está constituida por un polisacárido, la quitina (N-acetil-D-glucosamina) (Ramírez, 2009, p. 17). Según Sarmiento y Fontecha (2013) "los hongos son los organismos eucariotas vivos más diversos y abundantes del planeta, después de los insectos. Además de su diversidad, son relevantes por su manejo cultural en todo el mundo"(p.19), existe gran variedad en forma y color de hongos comestibles (Boa 2015). Los hongos silvestres comestibles son considerados un recurso forestal no maderable de importancia alimenticia, ecológica, cultural y económica para las comunidades rurales (Buendía et al., 2020)

2.1.1 Origen

Las primeras apariciones de los hongos donde se empezó a tomar como ente de relevancia fue alrededor del siglo XVII, donde entre el estiércol que se acumulaba para el abono del suelo en el sembrío de melones se dio una aparición repentina de los hongos, dando inicio a la producción de la misma, mientras se mantenía el cultivo de melón se realizaba el cultivo de hongos puesto que la hoja del fruto ayudaba al crecimiento y de esta manera evidenciándose la mejor manera del cultivo del mismo, este producto se llevaba a venta en los mercados, dando como resultado satisfactorio económico. En el siglo XIX, el agricultor francés Pierre De Chambry, observando el desarrollo del hongo promueve llevar un cultivo con condiciones adecuadas al mismo, donde se toma en cuenta la luz, humedad, condiciones de sustrato y a temperaturas estables, creando microclimas con gran proporción, adecuados, eligiendo a las catacumbas de las colinas de Chaillot, dando resultados de calidad, expandiéndose los cultivos por varios agricultores, a la vista de la factibilidad surgida, extendiéndose el cultivo a grutas con gran proporción, de tal manera que se crearon instalaciones con sistema de calefacción y ventilación para el cultivo después de la segunda guerra mundial en champiñones. En la actualidad ya cuenta con tecnologías adecuadas y controladas para las diferentes variedades de hongos, por lo que

brinda un avance agigantado y a la vez asegurar una producción a gran escala que sea de calidad y brinde seguridad alimentaria (López, 2007).

2.1.2 Características distintivas de los hongos

La utilización de los hongos ha tenido aplicación desde la antigüedad como el pan, el vino o en ritos religiosos con hongos alucinógenos. El termino hongo proviene del latín *"Fungus"* que significa seta y del griego *"sphongos"* que significa esponja. Los hongos son el segundo grupo de organismos más abundante en la tierra después de los insectos, representan aproximadamente 1,5 millones de especies y crece en una variedad de hábitats. Los hongos son heterótrofos porque carece de pigmento clorofílico y son eucariotas, rara vez tienen paredes celulares, estos están compuestos principalmente por quitina. Las hifas se forman como estructuras filamentosas ramificadas que albergan esporas y se reproducen sexual o asexual. La ciencia de la investigación fúngica es un mito que se clasifica como reino de los hongos, donde la parte visible de un moho es el fruto de un organismo, y el micelio es la parte viva, este es un tejido fibroso microscópico (Romero y Cano, 2016).

La alimentación de los hongos se da por medio de adsorción de nutrientes del material orgánico, secretando ácidos y enzimas que simplifican el material orgánico en partículas más fáciles de digerir atravesando la pared celular de la hifa. Los hongos establecen una relación de colaboración nutricional formando una asociación simbiótica con las plantas. Se reproducen en casi todos los climas: tropicales, subtropicales, templados y fríos ante ámbitos de temperaturas comprendidas entre 4º C a 60 º C, encontrándose ampliamente distribuidos en todo el planeta donde concurran material orgánico y agua, son elementos indispensables para su existencia (López, 2007). Los hongos obtienen su nutrimiento simbióticamente de forma saprófita o parasítica (patógenos). Cada categoría contiene macro hongos comestibles. Las especies más valiosas son ectomicorrizas (una especie de simbiosis). Las raíces ectomicorrizas tienen una forma distinta y variada. Es bastante difícil observarlas *in situ*. Muchos macromicetos saprófitos son comestibles, se adaptan a zonas climáticas con abundante humedad, y la temperatura es uno de los parámetros importantes a tomar en cuenta (Boa, 2015).

2.1.3 Morfología del hongo comestible

Se distingue las siguientes partes:

a) Sombrero: Su forma puede ser redonda o convexa, hemisférica, en forma de sandía, cónica, empotrada, en forma de embudo, con bordes lisos, ondulados, redondeados, acanalados a acanalados. Cuando se cultiva en un suelo adecuado el tamaño puede ser grande, por el contrario, puede ser muy pequeño si el sustrato es desfavorable para el crecimiento. Los hongos vienen en diferentes colores dependiendo de su color, pero su forma a menudo cambia con el envejecimiento o las inclemencias del tiempo. Finalmente, la superficie del capuchón está seca o mucosa y cubierta de fibras, escamas o verrugas, o arrugas o grietas son claramente visibles (Ríos, 2015).

La parte más carnosa del hongo es una esfera redonda similar a un paraguas. A medida que el hongo envejece, crece y se encoge. El diámetro puede ser de hasta 15 cm, pero desde el punto de vista empresarial no importa si alcanza ese tamaño (Barbado, 2003).

b) Himenio: Ubicado en la parte inferior. Consiste en un gran número de guías dispuestas en un patrón radial que se extiende hasta el borde exterior de la tapa del pie. El color de la losa es primero rosa, luego se vuelve marrón y luego negro. Cuando el molde es pequeño, una película delgada llamada "cortina" en la capucha y el pie protege el himen. Cuando el hongo ha alcanzado su crecimiento completo, la cubierta se rompe y solo una pequeña parte llamada "anillo" se adhiere al pie (Barbado, 2003)

c) Micelio: Millones de esporas producen filamentos o hifas que forman el micelio u "hongo blanco" visible entre las láminas de las hojas a medida que germinan (Barbado, 2003).

Tiene un cuerpo pequeño y está hecho de fibras finas. Estos filamentos se denominan individualmente micelio y colectivamente se denominan micelio. A pesar de su pequeño tamaño y apariencia aparentemente inconsistente, los hongos son al mismo tiempo uno de los organismos más grandes, antiguos y pesados (Pérez, Lorenzana, Violeta y Yescas, 2009).

d) Pie o pedicelo: Es la parte del hongo que sirve de soporte al sombrero. Tiene forma cilíndrica, es lisa, blanca y por su parte está unida al micelio o filamentos del hongo que crecen en el sustrato (Barbado, 2003).

e) Es la parte del hongo que sirve de soporte al sombrero, tiene forma cilíndrica, es liso, blanco y por su parte inferior está unido al micelio o filamentos del hongo que crecen en el sustrato (Freire y Vásquez, 2015, p. 12).

Dentro de la descripción no existe una forma física que asegure el reconocimiento de un hongo comestible ante uno no comestible, marcado por la experiencia se debe consultar con una persona experta antes del consumo, al encontrarse de forma libre en la naturaleza, los diferentes hongos que no entran al grupo de comestibles presentan toxinas que afectarían a la salud de la persona que lo ingiera, se observan características de forma, color, olor y sabor, de manera que pueda reconocer si se trata de un hongo comestible, en base a esto se emplea el cultivo bajo ambiente controlado en la que incluyen los saprófitos y algunas micorrizas, ya que al ser independientes de otros seres vivos solo basta desarrollar un sustrato lignocelulósico determinado y entregar las condiciones de temperatura, ventilación, humedad y luz adecuadas para lograr que estos hongos crezcan y fructifiquen. Como sustrato se puede utilizar diversas fuentes de desechos agroindustriales debido a que son degradadores primarios, entre esos grupos se encuentra al hongo ostra (*Pleurotus ostreatus)* y al Shiitake *(Lentinus edodes),* entre muchos otros, abarcando una amplia variedad alrededor de 60 especies conociéndolos con el nombre de hongos exóticos. Dentro de los hongos cultivados pertenecen al grupo de los degradadores secundarios encontramos al Champiñon común o de Paris *(Agaricus bisporus)*, y, en general, a todas las especies del género *Agaricus,* muy comunes en los supermercados. También encontramos al *Coprinuscomatus*, especie muy apetecida por su agradable sabor. La mayoría de los cultivos utilizan compost con estiércol preparado en base a pajas de cereales y estiércol de caballo o gallina (Silva, Consuelo, Cubillos y Díaz, 2010).

2.1.4 Estudio científico y tecnológico de los hongos comestibles

Lo grandes avances científicos y tecnológicos de la biotecnología de producción de hongos comestibles, desarrollados fundamentalmente a mediados del presente siglo, han consolidado con un crecimiento sostenido de esta industria a nivel mundial. Los principales países productores desarrollaron una estrategia bastante exitosa que consistió en establecer centros nacionales de investigación científica y tecnológica, en los cuales integraron los estudios básicos y aplicados, la transferencia de tecnología, y la capacitación en todos sus

niveles. Así se establecieron institutos de investigación representando un avance fundamental en la historia de la producción comercial de hongos comestibles, ya que estos institutos vinculados directamente a la industria han promovido en forma eficaz el constante mejoramiento de sistemas de producción, proporcionado asesoría técnica especializada para la solución de problemas cotidianos en las plantas, y formando abundantes recursos humanos de alto nivel en este campo. El fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica en diferentes partes del país permitiría: 1) Conservar, manejar, y evaluar el potencial biológico y comercial de la diversidad genética presente en los hongos comestibles; 2) Establecer programas modernos de mejoramiento genético (clásico y molecular) utilizando el germoplasma nativo; 3) Aislar e identificar genes de interés comercial, así como productos metabólicos con potencial comercial para la industria; 4) Concentrar esfuerzos para lograr estándares internacionales en los procesos de producción, tales como el compostaje, pasteurización, incubación, rendimientos por unidad de cuerpo fructífero, y manejo pos cosecha, con el objeto de proteger la salud laboral y el medio ambiente (Martínez, Larqué, Aliphat, Aguilar y Bonilla, 2000, p. 5).

Según Rodríguez, Araque y Perdomo (2006) dentro de los problemas que se frecuentan en la elaboración de las semillas de los hongos comestibles se encuentra dos, entre ellos: 1) Contaminación por microorganismos competidores, esto se da una desinfección deficiente del laboratorio, en la que presente acumulación de polvo, el material a utilizar no este correctamente esterilizado, humedad de la semilla inadecuada y fuente del inoculo contaminada, para esto se toman soluciones de limpieza y desinfección constante, con un sembrío en grano con humedad entre 38 a 42%; 2) No hay crecimiento micelial en los granos de cereal esto puede darse debido a que exista presencia de fungicidas en el grano, temperatura inadecuada y humedad muy alta o muy baja, grano deteriorado, más sin embargo se soluciona cambiando de proveedor, controlando la humedad entre 38 a 42%, la temperatura debe manejarse de 20 a 25°C, también se emplea una selección de grano sano libre de contaminantes e insectos.

2.1.5 Requerimientos físicos para el crecimiento de los hongos

Según Miles y Chang (1999) el sistema de cultivo para obtención de hongos comestibles son afectados por factores nutricionales y factores físicos, entre ellos:

humedad, temperatura, luz, aireación, tamaño de la partícula del sustrato y gravedad. Estos factores físicos son valores de importancia debido a que están influenciados por otras condiciones y al no ser tomados en cuenta afectan el desarrollo del hongo entre ellos se puede mencionar: la nutrición, condiciones culturales, las características genéticas de la cepa del hongo y la fase de crecimiento del micelio" (p. 6).

a) Concentración del ion de hidrógeno (pH): Presenta un mejor crecimiento sobre el lado acido del punto de neutralidad de pH entre 6,5 a 6,8, pero existen variaciones usuales que incluyen cepas y especies diferentes (Rodríguez y Jaramillo, 2004).

b) Temperatura: Ha sido la más ampliamente estudiada en cuanto a su efecto sobre el crecimiento de los hongos, de todos los factores físicos. Esta no es sólo consecuencia de su importancia sobre el crecimiento y el desarrollo, sino también porque es relativamente fácil de estudiar en el laboratorio. La temperatura de la composta se encuentra entre 20 a 24 °C al momento de sembrar y la temperatura promedio para la producción de hongos comestibles oscila entre 24 °C (Freire y Vásquez, 2015).

c) Humedad: Lo hongos requiere altos niveles de humedad por lo que una humedad relativa media del 56% y poca ventilación, impide el crecimiento de primordios y fructificaciones. Por lo tanto, se requiere una humedad relativa del 80% o más y una ventilación adecuada (Rodríguez y Jaramillo, 2004), deben tenerse en cuenta dos consideraciones importantes:

- El contenido de humedad del sustrato.
- La humedad relativa del ambiente en el cual crecen las setas: El manejo adecuado del contenido de humedad de sustrato y humedad relativa en el crecimiento de las setas, es de importancia puesto que pueden diferir en los valores óptimos de humedad, los cuales también pueden variar en diferentes etapas del crecimiento, con una variación del 95 a 100% de humedad relativa, permite un crecimiento máximo con poca pérdida del contenido de humedad del sustrato por evaporación. Un contenido de humedad del sustrato entre 50-75% para mejores condiciones de crecimiento del micelio (Valencia, Araque y Perdomo, 2006, p. 6). La humedad del cultivo se mantiene a constante rociando paredes y pisos con agua sólo una vez al

día, ya que la humedad relativa en el municipio de Caldas durante el tiempo del ensayo estuvo entre el 80-95%. En general, poseen un alto contenido de humedad (87 a 93%) según las condiciones de manejo al momento de la cosecha (García, Vélez, Ruiz, Serna y Suarez 2006). “Los troncos de los hongos deben estar lo suficientemente húmedos para que el micelio se desarrolle bien” (AFINET 2019).

d) Luz: En calidad de organismos no fotosintéticos, la influencia de la luz en los hongos es un aspecto curioso. Existen reportes acerca de que el crecimiento vegetativo de algunas especies en agar puede ser inhibido por la luz. Es una práctica normal de laboratorio, cultivar el micelio en la oscuridad para obtener un mejor crecimiento. La luz podría impulsar el origen del primer día en algunas especies y ser necesaria para el desarrollo de otras etapas del órgano productor de esporas (Valencia et al., 2006).

La luz que recibe el hongo en calidad y cantidad en su fase de fructificación es un factor importante para el rendimiento y la eficiencia biológica más sin embargo no afecta en la composición para la proteína, comprobado por medio estudio que realizo Bermúdez, Morris, Donoso, Martínez y Ramos (2003), utilizando sustratos agrícolas para su cultivo, se reflejaron por medio de tres tratamientos de hongos *P. ostreatus* en condiciones de 4 horas de exposición a la luz el contenido de proteína fue de 28.37 g de base seca, en 8 horas se obtuvo 28.68g y en 12 horas 28.69 g, lo que implica que no hay variación significativa.

e) Aireación: El oxígeno y el dióxido de carbono son los componentes gaseosos de la atmosfera de mayor importancia en la biología de las setas, en el manejo de un galpón de cultivo. La aireación debe ser un asunto de constante consideración para prevenir características no deseadas, en algunas especies o para lograr una característica deseada en otras. Las especies de los hongos son organismos aeróbicos y el crecimiento vegetativo puede aumentar cuando el nivel de dióxido de carbono aumenta ligeramente, como ocurre normalmente en áreas confinadas debido a las actividades respiratorias del micelio (Valencia et al., 2006, p. 7).

f) Gravedad: Puede observarse fácilmente en la naturaleza, el efecto de la gravedad sobre la formación de las setas, ya que los órganos productores de esporas crecen en un cierto ángulo y las láminas o membranas se desarrollan en un ángulo en el cual las basidiosporas caen de las láminas Esta respuesta de crecimiento a la gravedad es negativa (Valencia et al., 2006).

g) Tamaño de partícula del sustrato: Lo recomendable es de 0,5 a 2 cm con resultados de mayor rendimiento (Rodriguez, Araque y Perdomo 2006).

Para ejemplo según De León y Vega, (2020) los requerimientos a controlar en el cultivo de hongos y de acuerdo a cada operación se toma en comparación tres variedades de hongos comestibles *(Pleurotus ostretus, Pleurotus pulmunarios, Pleurotus diamor).*

Se muestra en la Tabla 2-1, parámetros a cumplir para la producción de *Pleurotus pulmonarius,* en cada una de las etapas (Inóculo, formación de primordios, formación de cuerpos fructíferos) se toman en cuenta parámetros como T (temperatura), HR (humedad relativa), t-días (total de días), CO_2 (dióxido de carbono), aireación y luz en número de veces por hora, se realizan tres ciclos de cosecha presentes en la formación de cuerpos fructíferos (De León y Vega, 2020).

Tabla 2- 1

Producción de Pleurotus pulmonarius

Pleurotus pulmonarius	**(°C)**	**HR (%)**	**t días**	**$CO_{2(ppm)}$**	**Aireación/veces *hora**	**Luz**	**Ciclos de cosecha**
Inóculo	24-29	90-100	8-14	>5000	1	Ninguna	
Formación de primordios	10-24 (27)	95-100	3-5	400-800	5-7	1000-1500 lux	
Formación de cuerpos fructíferos	18-27	85-90	3-5	400-800	5-7	1000-1500 lux	3 cosechas

Fuente*:* De León y Vega (2020)

Se muestra en la Tabla 2-2, parámetros a cumplir para la producción de *Pleurotus ostreatus,* en cada una de las etapas (Inóculo, formación de primordios, formación de cuerpos fructíferos) se toman en cuenta parámetros como T (temperatura), HR (humedad relativa), (t-días total de días), CO_2 (dióxido de carbono), Aireación y luz en número de

veces por hora, se realizan de tres a cuatro ciclos de cosecha presentes en la formación de cuerpos fructíferos (De León y Vega, 2020).

Tabla 2- 2

Producción de Pleurotus ostreatus

Pleurotus ostreatus	**(°C)**	**HR (%)**	**t días**	**$CO_{2(ppm)}$**	**Aireación/veces *hora**	**Luz**	**Ciclos de cosecha**
Inóculo	4	85 - 95	12 - 21	5000 - 20000	1	Ninguna	
Formación de primordios	0-15	. 95-100	3 - 5	< 1000	48	1000-1500 lux	
Formación de cuerpos fructíferos	0-21	8 5-90	4-7	< 1000	4-8	1000-1500 lux	3-4 cosechas

Fuente*:* De León y Vega (2020)

Se muestra en la Tabla 2-3, parámetros a cumplir para la producción de *Pleurotus djamor,* en cada una de las etapas (Inóculo, formación de primordios, formación de cuerpos fructíferos) se toman en cuenta parámetros como T (temperatura), HR (humedad relativa), t-días (total de días), CO_2 (dióxido de carbono), Aireación y luz en número de veces por hora, se realizan de dos ciclos de cosecha presentes en la formación de cuerpos fructíferos.

Tabla 2- 3

Producción de Pleurotus djamor

Pleurotus djamor	**(°C)**	**HR (%)**	**t días**	**$CO_{2(ppm)}$**	**Aireación/veces*hora**	**Luz**	**Ciclos de cosecha**
Inóculo	4-30	9 5-100	7-10	>500	0-1	Ninguna	
Formación de primordios	8-25	9 5-100	2-4	500-1000	5-8	750-1500 lux	
Formación de cuerpos fructíferos	0-30	8 5-90	3-5	800-1000	5-8	750-1500 lux	2 cosechas

Fuente*:* De León y Vega (2020)

2.1.6 Sistemas de producción de hongos comestibles

El proceso de cultivo de hongos es complejo y los requisitos exactos dependen del tipo de hongo seleccionado. Por lo general, el micelio se cultiva en un laboratorio especializado en condiciones estériles y luego se siembra en semillas de trigo o cebada estériles para que sirvan de soporte para el micelio llamado semilla de hongo. Luego, las semillas se venden a los productores y se mezclan con compost y otros medios dependiendo de la semilla, de modo que el micelio esté presente en condiciones de luz, temperatura y humedad incontroladas. En el cultivo de hongos, cuando el compost está completamente formado, se agrega una capa de tierra como cobertura, a la superficie del medio y participa en el inicio de la formación de cuerpos fructíferos. Después de unos días, puedes cosechar algunos hongos. La ventaja de cultivar otros hongos sobre los hongos de paja es que no requieren una cobertura adicional del suelo. Para que las setas den fruto, basta con cambiar la luz, la humedad o la temperatura (Ramírez, 2009, p. 26).

El cultivo de hongos comestibles no contamina el medio ambiente durante la producción, por lo contrario, se utiliza otros insumos y residuos industriales que se consideran satisfactorios (Cordero, 2017). La fermentación permite que a los sustratos orgánicos, permiten una transformación de residuos lignocelulósicos por acción metabólica de microorganismos, biotransformando el sustrato por un periodo de tiempo. Debido a que son susceptibles a contaminaciones fúngicas, bacterianas, insectos, entre otras, se ejecuta una homogenización y se estabiliza (Bermúdez et al., 2014).

La producción de hongos comestibles resulta del uso de residuos biodegradables que, en ciertos entornos, a menudo requieren la presencia de microorganismos adecuados, incluidas comunidades microbianas complejas. Para ello, el medio debe adaptarse tanto al crecimiento de microorganismos como al inicio de reacciones de transformación química a un ritmo acelerado (Toledo, 2008).

Para los cultivos se puede utilizar diversos residuos agroindustriales en dependencia del requerimiento de la especie de hongo comestible, como: pajas de trigo (*P. ostreatus, P. florida, P. sajor-caju, P. albidus, P. pulmonarius, P. erynu, P. djamor*), arroz *(P.ostreatus, P. florida, P. sajor-caju),* cebada (*P. ostreatus, P. pulmonarius, P. djamor*), soja *(P. florida, P. eous*), frijol *(P. ostreatus),* sésamo *(P. ostreatus, P. sajor-caju).* Entre residuos en

el cual de rastrojos el algodón *(P. ostreatus, P. pulmonarius),* de maíz (*P. ostreatus, P. sajor-caju, P. pulmonarius, P. floridae),* de tomate *(P. ostreatus),* de sorgo *(P. sajor-caju),* de jamaica *(P. pulmonarius),* de quinua *(P. florida)*. Residuos de pulpas de café *(P. ostreatus, P. sajor-caju, P. pulmonarius, P. djamor),* de limón *(P. ostreatus),* de cardamomo *(P. ostreatus).* Residuos de bagazo de maguey tequilero *(P. ostreatus, P. sajor-caju, P. pulmonarius),* de caña de azúcar *(P. sajor-caju),* de cervecera *(P. eryngii),*de yuca *(P. ostreatus),* de remolacha azucarera *(P. ostreatus)*. De residuos forestales de viruta de cedro (*P. ostreatus, P. sajor-caju),* de viruta de pino *(P. ostreatus, P. pulmonarius),* de astillas de eucalipto *(P. ostreatus)*. Otros residuos agroindustriales quese pueden implementar para este fin como residuos de maíz tanto hojas como mazorcas *(P. ostreatus, P. florida, citrinopileatus),* hierbas de la India *(P. sajor-caju),* melazas y especies arbustivas de bosque (*P. ostreatus),* Pastos forrajeros *(Panicum virgatum L., P.repens, Pennisetum purpureum, Hyparrhenia filipéndula) (P. ostreatus, P. cornucopiae, P. citrinopileatus),* Capuchones, cáscaras y cascarillas (de cacao, coco, cacahuate, semillade girasol, arroz, uchuva, algodón, arveja) *(P. ostreatus, P. eryngii, P. pulmonarius, P. citrinopileatus),* papel y cartón (*P. ostreatus, P. colombinus),* fibras (de palma, yute, coco, sisal*) (P. ostreatus, P. sajor-caju, P. flabellatus, P. columbinus),* hojas y tallos (plátano, algodón, maíz, brócoli y coliflor) *(P. ostreatus, P. sajor-caju, P. citrinopileatus, P. florida).* Una de las especies con mayor facilidad y actividad de crecimiento ante los diferentes medios en que pueden ser cultivados es la *P. ostreatus* por lo que se podría incluir a la implementación y garantiza un mayor porcentaje de crecimiento (Piña, Nieto y Robles, 2017). Se puede utilizar residuos agrícolas, agroindustriales y forestales de la localidad para aprovechamiento como sustrato para el cultivo de los hongos comestibles, permiten minimizar costos de producción. Actualmente, el hongo *Pleurotus* se reproduce a temperaturas moderadas utilizando residuos como pulpa de café, salvado de arroz, rastrojo de frijoles, tuza de maíz. Estos restos se encuentran disponibles en otras zonas rurales de nuestro país, tienen suficiente composición química y de nutrientes para el correcto crecimiento y desarrollo.

La Pasteurización es la técnica común de tratamiento del substrato para el cultivo de *Pleurotus*, y su propósito es preparar a dicho substrato para un eficaz desarrollo del hongo. Este método se puede aplicar de dos formas distintas:

a) Pasteurización con vapor: Esto implica colocar el tablero en una pequeña pieza de concreto o en el espacio cerrado de un tanque de metal, donde el vapor producido por una caldera eléctrica, diésel o de gasolina pasa a través de una tubería o tubo de cobre. Tiene resistencia al calor. Se recomienda mantener la temperatura a 70-80 °C y almacenar el sustrato durante 2 a 4 horas en este estado (Gaitán, Salmones, Pérez y Mata, 2004).

   La esterilización por vapor parece ser la mejor tecnología comercial disponible en la actualidad. En este proceso, utiliza el calor generado por la actividad natural de los microorganismos. Este método no requiere una gran inversión y se puede aplicar a zonas rurales (Barrios, Moreno y Sánchez, 2009).

b) Pasteurización por inmersión en agua caliente: Sumergir el sustrato a temperatura de 75 hasta 80 °C por el lapso de 1 hora, previamente de una buena pasteurización se pueden sembrar las semillas (Gaitán, Salmones, Pérez y Mata, 2004). La técnica utilizada por la Universidad Autónoma de Occidente en el laboratorio de Biotecnología es realizada con agua a temperatura de 75 a 80 °C durante 1 hora (Rodríguez y Jaramillo, 2004).

c) Inmersión alcalina: Esta es una manera fácil y económica para uso de baja escala, se trata de sumergir el sustrato en agua con cal hidratada. Sin embargo, tiene un inconveniente importante ya que es ineficaz ante la eliminación de algunos contaminantes microbianos y evita el desarrollo de pupas de moscas (Barrios, Moreno y Sánchez, 2009).

Existen tres sistemas de producción de hongos comestibles, entre los más conocidos los siguientes:

2.1.6.1 Sistema Americano.

Este sistema se usa comúnmente en los Estados Unidos, y es denominado “sistema de camas”, en el que se coloca el compost en bases de camas de madera (Gaitán, Salmones, Pérez y Mata, 2004). Sistema perfeccionado a niveles superiores tras ser adoptado por los emigrantes ingleses a Estados Unidos (Sierra, 2021). Este método consiste en colocar el compostaje adecuadamente preparado en pisos sobrepuestos de madera en cuartos dotados

de calefacción para su desarrollo y crecimiento (Caicedo y Pazmiño, 2015, p.79).En la presente investigación se dan a conocer distintos cultivos empleados con diversos sustratos:

Estudio de caso 1: Los sistemas de producción para los champiñones, se estudió el comportamiento de la corteza de pino, de la fibra de coco y del sustrato postcultivo, como capas de cobertura, en el cultivo del champiñón *(Agaricus bisporu*s). Tras la caracterización física, química y biológica de las capas de cobertura, se evaluaron los parámetros de producción cualitativos y cuantitativos, en un ciclo de cultivo de champiñón con cuatro floradas. La menor porosidad y capacidad de retención de agua del suelo mineral, sin aditivos, y la alta conductividad eléctrica del sustrato postcultivo del champiñón utilizado, asociado a la suplementación nutritiva, son los factores determinantes en el diferente comportamiento agronómico observado. Las mezclas de cobertura influenciaron el rendimiento y el número de champiñones, la eficiencia biológica, la tasa de producción y la precocidad. El mejor rendimiento total se obtuvo con la mezcla de suelo mineral y fibra de coco suplementado. Las capas de coberturas evaluadas pueden ser utilizadas comercialmente para la producción de champiñón sacrificio que he hecho (Francisco, 2005).

Estudio de caso 2: Se inició preparando el compostaje en donde le sustrato se fermenta mezclando yeso agrícola y estiércol de gallina, de caballo, para humedecerse añade agua, se lleva a almacenar por 7 a 10 días con una temperatura de 70-80 °C, una vez transcurrido este tiempo se aplica una pasteurización para la destrucción de competitiva de insectos y microorganismos patógenos, parásitos. Esta etapa e realiza en cámaras de pasteurización en la que se coloca el compostaje en caja de madera tipo rodela a temperatura de 43 a 56 °C, con humedad relativa del 95% del aire recirculado. La temperatura del aire se incrementa por el aporte de la caldera, difundido por los ventiladores, rejillas y entradas, y la humedad se mantiene mediante la acción de un fino chorro de agua inyectado en el punto de circulación del aire, con una duración de 8 días. Se realiza la siembra mezclando toda la cantidad de semillas en el sustrato, luego se encuba en una cámara mantenida a 22-25 °C, y el proceso de compostaje tiene una duración de 15 a 17 días, la dificultad de este proceso es que el abono está seco. Este problema se resuelve rociando agua en el conducto de aire de recirculación. La inducción del cuerpo fructífero se

da cuando el micelio está formado se induce cubriendo la superficie del compost como una capa de tierra especialmente preparada especialmente para este propósito y agregando mantillo, posteriormente se lleva a una sala de producción con condiciones de temperatura de 15 a 17 °C y humedad relativa de 85 a 95%, presentando los primeros brotes entre los 10 a 12 días, dándose la primera cosecha entre el día 17 a 18, durando el proceso 52 días. En la cosecha se recolecta, clasifica, empaquetar (Cordero, 2017).

Estudio de caso 3: En el cultivo de champiñones se utilizó abono comercial hecho de paja y estiércol de pollo se utilizó como sustrato básico para el cultivo de hongos. Las características del análisis son las siguientes: humedad 733 g kg-1, orgánico 792,1 g kg^{-1}; nitrógeno total 22,6 g kg^{-1}; Relación C / N, 20,3; pH 8,09 y ceniza, 207,9 g kg^{-1}. Todas las observaciones se ajustan al rango considerado óptimo para el cultivo de hongos. Se muestra la composición de las diferentes clases de cobertura evaluadas. Usé cuatro tipos de tapas como controles. La primera es una mezcla de tierra mineral y fibra de coco en una proporción de 4: 1 (v / v) (control SM + FC). La segunda es una alternativa sin suelo similar a la que se usa comúnmente en países bajos, que tiene una alta porosidad y retención de agua, y es el carbonato de calcio precipitado de la turba amarilla y el azúcar (v / v) (control TR + CCPA). También se incluyeron como controles dos cubiertas de turba comerciales y para las siguientes muestras se empleó SPC sometida térmicamente 70 ºC por 12 horas, luego se evacua la cámara de incubación, antes de la incubación (Pardo, Cunha y Pardo, 2010).

En la tabla 2-4, muestra las diferentes coberturas que se trataron para experimentar en cuales se desarrolla mejor, se experimentó 10 tratamiento, de los cuales 6 (SPC L1, SPC L2; TR-SPC 4.1, FC-SPC 4.1, FC-SPC 4.1, FC-SPC 3.2) fueron tratamientos de estudio frente a 4 tratamientos testigo (Testigo SM+FC, Testigo TR+CCPA, Testigo Topterra, Testigo), se llevó a cabo el proceso para la obtención del hongo comestible en comparación del desarrollo y tiempo de cultivo, (Pardo et al., 2010) tomando en cuenta en el transcurso se evidencio que no había variación significativa con respecto a comparación del tratamiento testigo por lo que se puede emplear diferentes muestras para sustrato de cobertura:

Tabla 2- 4

Composición de las mezclas de cobertura

Cobertura	Identificación	Composición
1	Testigo SM+FC	Suelo mineral + fibra de coco 4:1 (v/v)
2	Testigo TR+CCPA	Turba rubia + carbonato cálcico precipitado de azucarera 2:1 (v/v)
3	Testigo Topterra	Cobertura comercial
4	Testigo Torreblanca	Cobertura comercial
5	SPC L1	Sustrato postcultivo de champiñón lavado con 1 volumen de agua (+100 gL^{-1} $CaCO_3$)
6	SPC L2	Sustrato postcultivo de champiñón lavado con 2 volumen de agua (+100 gL^{-1} $CaCO_3$)
7	TR-SPC 4.1	Turba rubia + sustrato postcultivo de champiñón 4:1 (v/v) (+100 gL^{-1} $CaCO_3$)
8	TR-SPC 3.2	Turba rubia + sustrato postcultivo de champiñón 3:2 (v/v) (+100 gL^{-1} $CaCO_3$)
9	FC-SPC 4.1	Fibra de coco + sustrato postcultivo de champiñón 4:1 (v/v) (+100 gL^{-1} $CaCO_3$)
10	FC-SPC 3.2	Fibra de coco + sustrato postcultivo de champiñón 3:2 (v/v) (+100 gL^{-1} $CaCO_3$)

Fuente: Pardo, Cunha y Pardo (2010)

La cobertura a experimentar posee diferentes características (tabla 2-5 y tabla 2-6) tanto físicas, químicas y biológicas, por lo que se evalúan y se llevan a laboratorio.

Tabla 2- 5

Características de los materiales de cobertura

Cobertura	H	pH	CE	Densidad aparente	Densidad	Porosidad
	($g\ kg^{-1}$)	(1:5, v/v)	($\mu S\ cm^{-1}$)	Fresco ($g\ cm^{3}$)	Seco ($g\ cm^{-3}$)	Total ($ml\ L^{-1213}$)
Testigo SM+FC	213	8,39	205	0,911	0,717	2,547
Testigo TR+ CCPA	583	8,08	831	0,644	0,269	2,258
Testigo-Topterra	749	8,17	221	0,550	0,138	1,826
Testigo-Torreblanca	596	7,64	900	0, 599	0,242	2,028
SPC L1	412	7,87	1.616	0,713	0,419	2,311
SPC L2	417	7,78	1.306	0,703	0,410	2,310
TR-SPC 4.1	601	7,89	942	0,507	0,202	2,151
TR-SPC 3.2	567	7,75	1.479	0,608	0,263	2,195
FC-SPC 4.1	650	8,17	969	0,538	0,188	2,141
FC-SPC 3.2	596	9,05	1.611	0,621	0,251	2,211
Medida	538	7,98	1008	0,639	0,310	2,198

Fuente: Pardo, Cunha y Pardo (2010)

Tabla 2- 6

Características de los materiales de cobertura

Cobertura	CRA ($g\ kg^{-1}$)	Nitrógeno total ($g\ kg^{-1}$)	Cenizas ($g\ kg^{-1}$)	Materia orgánica ($g\ kg^{-1}$)	Carbonatos Totales ($g\ kg^{-1}$)	N	Caliza activa
Testigo SM+FC	0,63	0,3	943,3	56,7	109,6	44	240
Testigo TR+ CCPA	2,24	4,0	755,6	244,4	35,4	610	238
Testigo Topterra	5,07	7,3	364,3	635,7	50,5	91	64
Testigo Torreblanca	2,34	1,1	567,6	432,4	22,8	38	171
SPC L1	1,01	7,2	793,6	206,4	16,6	89	179
SPC L2	1,07	7,2	792,9	207,1	16,7	40	154
TR-SPC 4.1	2,85	5,0	673,2	326,8	37,9	02	260
TR-SPC 3.2	2,42	5,8	708,1	291,9	29,2	92	238
FC-SPC 4.1	3,47	4,4	665,2	334,8	44,1	68	250
FC-SPC 3.2	2,47	5,5	719,9	280,1	29,5	68	250
Medida	2,36	4,8	698,4	301,6	39,2	64	202

Fuente*:* Pardo, Cunha y Pardo (2010)

Estudio de caso 4: Como sustrato se utiliza paja de cebada o trigo y abonos orgánicos, para su preparación se deben mezclarse sobre un piso de concreto y se efectúa una fermentación al aire libre durante 19 a 23 días, por consiguiente, se distribuye en estantes (longitud 1,60 cm, contorto 1 m2 ancho, profundidad de 25 cm, separación de 40 cm de alto). En la pasteurización se eliminan parásitos, esporas de otros hongos, insectos, entre otros, por medio de vapor a 60 °C, el mismo se arroja humedeciendo la cámara para su correcto desarrollo, a continuación, se siembra el micelio (225 gr por m2 de compost), dejando en incubación a temperatura de 25 °C por un lapso de 15 a 21 días, y se añade una cobertura de sustrato elaborado (mezcla de carbonato de calcio) con grosor de 4 cm de alto y dentro del lapso de 25 días se debe dar riego para mantener la humedad a temperatura entre 24°Ca 28°C durante el día y la noche. La producción inicia entre los 23 a 26 días después de la etapa de cobertura, en esta área se debe mantener ventilación sin exceder, una recomendación en base a la experiencia es ubicar cloro en grano en el piso para prevenir ciertas bacterias pueden provocar manchas en el champiñón. Una vez que brote el champiñón se realiza la primera cosecha a los tres días siguientes (recoger 3 oleadas), para su efecto se emplea un corte será cerca de la raíz en un recipiente de fondo liso, y llevados

al frigorífico a temperatura de 2 a 4 °C para mantener características propias del hongo. Se empaca en bandejas de espuma (Caicedo y Pazmiño, 2015).

2.1.6.2 Sistema holandés

Emplea sistemas computarizados y hace uso de la tecnología, es conocido como sistema de bandejas, en el que tipo se puede armar para la siembra después de la esterilización del compost. Cuando se completa la recolección, las bandejas y el local donde se desarrolló el cultivo deben ser esterilizadas, para ser utilizados nuevamente (Toovey, 1987). La denominación de sistema holandés es debido a que este sistema fue creado en Holanda.

Estudio de caso 1: Se valuó y caracterizó el crecimiento micelial in vitro de *Auricularia fuscosuccinea*, *Oudemansiella canarii* y *Schizophyllum commune*, en dos medios de cultivo: papa dextrosa agar (PDA) y extracto de malta agar (EMA). Simultáneamente, se utilizaron cuatro sustratos agrícolas para evaluar el crecimiento micelial en cada desecho, solo y en combinación (1:1): fibra de coco (*Cocos nucifera*), cáscaras de cacao (*Theobroma cacao*), hojas de plátano (*Musa paradisiaca*) y aserrín de cedro (*Cedrela odorata*). Se probaron dos temperaturas de incubación, 26 y 30 °C. A. *fuscosuccinea* y *S. commune* crecieron de manera óptima en PDA a 26 °C (6.88 mm d^{-1}) y 30 ºC (9.12 mm d^{-1}), respectivamente; mientras que *O. canarii* se favoreció en EMA a 26 ºC (9.14 mm d^{-1}). Asimismo, *A. fuscosuccinea* obtuvo el mayor crecimiento en la hoja de plátano (6 mm d^{-1}) y *O. canarii* en fibra de coco y cáscara de cacao (5.98 mm d^{-1}), lo cual resultó ser estadísticamente similar al resto de los sustratos, excepto aserrín de cedro. *S. commune* se desarrolló favorable en la combinación coco-cacao (9.99mm d^{-1}), sin diferencia estadística con los otros sustratos, excepto aserrín de cedro. Se reporta por primera vez el uso de dichos sustratos para evaluar el potencial de desarrollo de estas especies, mismas que representan recursos fúngicos de vital importancia para las zonas tropicales (Carreño et al., 2014).

2.1.6.3 Sistema francés

Este sistema, también conocido como sistema de “bolsa de plástico”, es actualmente el más popular porque es práctico y se puede ajustar a diferentes niveles de inversión (Quintard, Hardemare, y Sarrazin 1977). Es importante mencionar que es un sistema

bastante práctico y sencillo de utilizar, se puede emplear de acuerdo al área designada para el cultivo.

Estudio de caso 1: se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, con una ubicación de 75° 35´ Oeste, 09° 09´Sur y 670 m.s.n.m., a se emplea en el cultivo el hongo *Pleurotus afin ostreatus (jacq. Ex Fr)* Kumm temperatura media de 24 °C y una humedad relativa de 82%, se analiza características como: sabor, olor, forma, tamaño, sustrato donde se desarrolla, hábitat, disposición de láminas, entre otros. Se identificó el efecto de las condiciones de luz, crecimiento del micelio y temperatura. Para este cultivo se aplicó en estudio once medios: aserrín más arroz, aserrín más trigo, trocitos de madera, aserrín descompuesto, estiércol de ganado vacuno, extracto de zanahoria-agar, extracto de ocho verduras-agar, arroz autoclavado, trigo autoclavado, en los que se efectúan una preparación por medio de un procedimiento en el que casi siempre se incluye un 10% de volumen de agua para un determinado peso de sustrato, llegando a cumplir con las exigencias de humedad que requiere el hongo. Se aplicó un solo patrón de inoculo mediante un disco de micelio de 7 mm, obteniéndose la sepa e micelio joven purificado por medio de un sacabocado esterilizado, para todos los tratamientos, cada uno constituye de cinco placas y cada placa una repetición, se llevaron a una estufa a temperatura de 270 °C. Se empleó el medio de cultivo trigo autoclavado, para estudiar: luz natural más oscuridad total, oscuridad total más luz natural, oscuridad total, luz natural de laboratorio. Se trabajó a temperatura ambiente de 27° C más 4 °C de variación por la temperatura de laboratorio, y también temperatura de laboratorio de 27 °C estable, con tejidos de basidiocarpos previamente desinfectados para mejorar su crecimiento. Los tratamientos que presentaron mayor desarrollo micelial en la oscuridad total más luz natural de laboratorio y oscuridad total, en lo estudiado con respecto a la temperatura se mantiene como un rango de temperatura optima de 25 a 29 °C, mostrando mayor eficacia a temperatura de 27 °C. En combinación del factor temperatura y oscuridad se obtuvo el hongo comestible a los 28 días mientras tanto que en los diferentes tratamientos el tiempo fue de 33 días, siendo este mayor (Rios y Ruiz, 1993).

Estudio de caso 2: Se evaluó la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado por fermentación sólida, en residuo agrícolas típicos de la provincia Bolívar en

Ecuador. Se aprovecha una gran cantidad de residuos de cultivos y biomas residual, que al ser quemados causan un impacto negativo en el medio ambiente, (tabla2-7) entre ellos se evaluaron tres tratamientos:

Tabla 2- 7

Estudio de tres sustratos para cultivo de hongos comestibles

Tratamiento	Combinaciones
T1	Paja de cebada 50% + Cáscara de gandul 20% - Bagazo de caña de azúcar 20% - Salvado de quinua 8% - Carbonato de calcio 2%.
T2	Paja de cebada 20% - Cáscara de gandul 50% - Bagazo de caña de azúcar 18% - Salvado de quinua 10% - Carbonato de calcio 2%
T3	Paja de cebada 20% - Cáscara de gandul 16% - Bagazo de caña de azúcar 50% - Salvado de quinua 12% - Carbonato de Calcio 2%

Fuente: Ruilova, Martínez, Reyes y Cobos (2020)

Los sustratos estudiados en la tabla 2-7, son envasados en bolsas de polietileno trasparente de 40 x 60 cm, para llevar a esterilización en autoclave a 121 °C por 45 min, posteriormente se deja hasta alrededor de 25° C. Se utilizó el 4% de inoculo de semilla de *Pleurotus ostreatus,* de forma homogénea, seguidamente comprimir y amarrar el sustrato, trasladamos a incubación controlamos la humedad relativa al 70% y temperatura de 25 °C. Transcurrido este tiempo se traslada a cuarto de fructificación con temperatura de 18 a 25°, humedad relativa entre 85-90% con una luminosidad de ocho horas y aireación, mantener un monitoreo constante. La cosecha se efectúo con una navaja previamente desinfectada cuando los carpófos tomaron una forma plana y alargada. Los mejores resultados en productividad se obtuvieron por medio del tratamiento 1 (paja de cebada 50% + cáscara de gandul 20% - bagazo de caña de azúcar 20% - salvado de quinua 8% - carbonato de calcio 2%), en comparación con el tratamiento 3 (Paja de cebada 20% cáscara de gandul 16% - Bagazo de caña de azúcar 50% - Salvado de quinua 12% - Carbonato de Calcio 2%), estos valores son claramente más altos, pero estadísticamente son similares por lo que no hay diferencia significativa (Ruilova, Martínez, Reyes y Cobos, 2020)**.**

Estudio de caso 3: Se evaluó la acción de los campos magnéticos estáticos sobre el crecimiento micelial del hongo comestible pleuroto *Pleurotus ostreatus* cepa WC-923, valorado por sus propiedades medicinales y nutritivas. Los campos magnéticos se produjeron empleando imanes de ferrita con intensidades de 125 mT y 250 mT. Los

periodos de exposición fueron 10, 30, 60 minutos, 48 horas y 7 días. Los datos de crecimiento micelial se tomaron el día 7 y se observó que el tratamiento compuesto por el imán de 250 mT y el periodo de exposición 7 días presentó el mayor diámetro con 8,8 cm del micelio, indicando además que dicho tratamiento presentó la variación más baja con relación a los demás. En la prueba de Dunnett, el tratamiento de 125 mT y 7 días de exposición fue el único que arrojó diferencias significativas frente al grupo control. Los tratamientos 125 mT y 250 mT, con 7 días de exposición, mostraron cambios en las características aromáticas al presentarse olores anisados en los primeros 10 días que posteriormente se convirtieron en almendrados. La observación física mostró que algunos micelios formaban anillos centrales en alto relieve los cuales secretaban un meta-bolito anaranjado que se caracteriza como nematicida. Se concluye que la aplicación de campos magnéticos incide en el crecimiento positivo del hongo (Camilo, Celina, Torres y Díaz, 2013).

Estudio de caso 4: La producción de hongo *Lentinula edodes*, para el cual se empleó un sustrato con: 60 kg de aserrín de encino "*Quercus sp*.", 10 kg de rastrojo de maíz "*Zea mays*", 28,5 kg olote de maíz "*Zea mays*", 1.5 yeso [$CaSO_4$], 150 litros de agua y un pH (8,2 sustrato estéril, sustrato estéril de 7,5 pH), y se llena en bolsa de poli papel termo resistente de 4 kg, el proceso de esterilización se llevó a 121 °C y por un lapso de 60 minutos, posteriormente se deja en reposo 24 horas y se inoculo la semilla (tenia 45 días de incubación), en 4kg de sustrato se añadió ½ kg de inoculo, tratando de que todo quede homogéneo paso a incubación con temperaturas promedio 28 °C en oscuridad por un tiempo de 4 meses, se evidencia la presencia de cuerpos fructíferos y para estimular el crecimiento se somete a 5 °C por 24 horas, y se trasladan al cuarto de fructificación donde se brindan condiciones de humedad al 70-80%, 26-28°c de temperatura, aeración por una hora cada 8 horas y luz diurna. En un periodo de 60 a 105 días de fructificación se realizaron 3 cosechas. Se hace una relación para mantener 100 kg de sustrato húmedo se pueden producir 100.48% de eficiencia biológica por residuos agroforestales (Romero, Martínez, Damián, Ramírez y López, 2015).

2.1.7 Compostaje generado del post-cultivo de hongos comestibles

El residuo que se genera después de cada cultivo de hongos, se conoce como compostaje, se basa en la acción de varios microorganismos aerobios que intervienen en el desarrollo y desdoblamiento de la materia orgánica. Para darle valor agregado al compostaje se puede emplear para el área agrícola y urbano mejorando características químicas y biológicas del suelo, permite una producción limpia, sustentable y amigable con el medio ambiente (Flores, 2018). En la tabla 2-8 se puede evidenciar de la rica fuente de nutrientes que presenta el compostaje después del cultivo de *Pleurotus ostreatus.*

Tabla 2- 8

Parámetros y contenido del sustrato postcultivo para P. ostreatus

Parámetros	Valor medio
Humedad	70 %
Densidad	200 kg(mf) m^3
Espacio poroso total	96%
Cenizas %	18,05
Capacidad de retención %	37
Materia orgánica total %	81,95
Carbono %	37
Nitrógeno %	1,18
Relación (c/n)	37
Extracto húmico	7,96%
pH	7,11
Fosforo	0,70
Calcio	6,91%
Potasio	0,88%
Magnesio	0,79%

Fuente*:* Flores (2018)

2.1.7.1 Alimento de vacas lecheras en lactancia media

(Gómez, Correa y Barahona, 2014) realizo una evaluación del residuo del cultivo de *Agaricus bisporus* como alimento de vacas lecheras en lactancia media en el que se sustituyó un 10% del concentrado comercial por el residuo (champiñonaza sin tierra de cobertura)(9% ceniza, fibra detergente acida 31,8%, fibra detergente neutra 38,6%, proteína cruda 13,7%), con un tiempo de experimento de 14 días, se emplearon 4 vacas Holstein y otro con 4 vacas cruzadas Holstein x BON, en promedio 529,5 ± 52,9 de peso vivo, 2,6 ± 0,9 partos, de 117 ± 18.6 días en leche y 15,42 ± 2,6 litros de leche al día. Se llevó a cabo la recolección de la leche todos los días hasta el día 14 en el que se pudo

evidencio no hubo diferencias estadísticas, tampoco en cuanto a la producción de leche, calidad composicional y en cuanto a nutrición de las vacas la relación fue un kilo del concentrado por cada 3,5 litros de leche por día. Resulta económico en cuanto a gastos de alimentación aplicar este tratamiento en el ganado vacuno.

2.1.8 Principales hongos comestibles a nivel mundial

Entre las especies con mayor consumo se encuentran:

a) Agaricus

Las preferencias generales de los consumidores requieren que un *A. bisporus* de alta calidad sea completamente blanco, con un velo cerrado, estípite corto y sin branquias visibles También debe tener una textura tierna pero no blanda y el característico olor a hongos. *Agaricus bisporus*, del genero *Agaricus*, ampliamente cultivado en todo el mundo, es unhongo comestible, estudiado con fines terapéuticos y por sus propiedades medicinales. Enbase a los diversos estudios, se ha descubierto que una lectina *A. bisporus* y una proteína de *A. polytricha* son potentes estimulantes inmunitarios, clasificándolo a esta variedad de hongos como alimentos saludables, estos usos farmacéuticos hacen mención en hechos demostrados como la prevención de la proliferación celular en el cáncer de mama, con la utilización del extracto de *A. bisporus* (Soler, Jolivet, Arpin, Olivier y Wichers, 1999).

Es un hongo de la familia *Poliporaceae* (basidiomicetos). Crecen solo en troncos de algunos árboles, como el alerce de alpes y el cedro de marruecos. Es un medicamento simple de origen vegetal y prácticamente constituye el único hongo utilizado como medicamento (Mercant, 2010).

Agaricus blazei Murrill (ABM) conocido popularmente como “Cogumelo do Sol” en Brasil, o en Japón “Himematsutake”, es un hongo originario de Brasil y ampliamente cultivado en Japón por sus usos medicinales, por lo que ahora se considera como una de las especies biotecnológicas comestibles y culinario-medicinal más importantes. Se utilizó tradicionalmente para tratar muchas enfermedades comunes como aterosclerosis hepatitis, hiperlipidemia, diabetes, dermatitis y cáncer. *In vitro* y *en vivo* (Firenzuoli, Gori y Lombardo, 2007). El ABM ha mostrado propiedades inmunomoduladoras y antimutagénicas, aunque aún no están claras las vías biológicas y las sustancias químicas

implicadas en sus actividades farmacológicas. Se cree que el fitocomplejo de polisacáridos es responsable de sus propiedades inmunoestimulantes y antitumorales, probablemente a través de una vía bioquímica opsonizante. Los estudios clínicos son confirmaciones positivas, pero todavía estamos en el comienzo y existen inquietudes desconcertantes, especialmente en relación con el contenido de agaritina. La argantina es una sustancia cancerígena y tóxica reconocida en los animales, que debe ser evaluada completa y completamente (Firenzuoli, Gori y Lombardo, 2007).

A. subtrutescens se cultiva en los EE. UU, es conocido por su sabor característicoa almendra como "hongo almendra", es utilizado como alimento medicinal (Valverde et al., 2015, p. 5). La sección *Xanthodermatei* del genero *Agaricus* son las especies saprófitas y tóxicas son reconocidas por ser champiñones amarillentos, debido a su confusión ha sido causante de un sin número de intoxicaciones (Martínez, 2021). Su principal caracteristicas es más notoria ante la manipulación, se visualiza un color fuerte amarilleamiento en el sombrero (forma trapezoidal, liso de color clanquecino o grisáceo, escamosa de color grisáceo) y en la carne de la base del pie (base bulbosa, con anillo complejo), manifiesta un olor desagradable a yodo, fenol o tinta china (Martínez, 2019).

b) Lentino

Denominado "hongo shiitake", con nombre científico *L. edodes* en base a los efectos positivos sobre la salud humana, se ha utilizado para investigar las propiedades funcionales y aislar compuestos de uso farmacéutico, aliviando resfriados, potencial antioxidante, anticancerígenas (Valverde et al., 2015, p. 5).

Según Romero, Martínez, Damián, Ramírez y López (2015) "el Shiitake posee propiedades alimenticias y medicinales importantes para la industria al utilizar los residuos agrícolas y forestales como sustrato para su producción" (p. 1229)

c) Pleurotus

Llamado de forma común como hongos ostra, poseen valor nutricional, propiedades medicinales y efectos benéficos para la salud humana, existen aproximadamente 40 especies en ellas todas son comestibles, a nivel mundial la más consumida es la especie *Pleurotus.* Contienen varios compuestos con importantes propiedades farmacológicas /

nutracéuticas. Algunas de estas sustancias son lectinas con actividades inmunomoduladoras, antiproliferativas y antitumorales; compuestos fenólicos con actividad antioxidante; y polisacáridos (polisacarropéptidos y proteínas de polisacáridos) con actividades inmunopotenciadoras y anticancerígenas. Los β- glucanos aislados de *Pleurotus pulmonarius* demostraron una respuesta antiinflamatoria en ratas con colitis, y *P. ostreatus* inhibió la migración de leucocitos a los tejidos lesionados por ácido acético (Valverde et al., 2015, p. 5).

Los hongos del género *Pleurotus* (hongos ostra), son del grupo de los más consumidos en el mundo (tercer lugar en consumo mundial); se adaptan a un amplio rango de condiciones ambientales, crecen rápido y eficientemente bajo condiciones semicontroladas en pequeños espacios y tienen la habilidad de utilizar varios sustratos lignocelulósicos, lo que hace su cultivo tan sencillo que incluso se puede realizar de manera doméstica (Vega, De León y Reyes, 2021).

d) Ganoderma

Utilizado en la medicina tradicional china para mejorar la salud y la longevidad por lo que se le conoce como el "hongo de la inmortalidad", posee propiedades inmunomoduladoras, antialérgicas, antirradiación, antitumorales, antiinflamatorias, antiparasitarias, antioxidantes, se ha mencionado de algunos beneficios para el sistema cardiovascular, respiratorio, endocrino y metabólico (Valverde et al., 2015, p, 6). Son reconocidos en todo el mundo por sus propiedades curativas y el mercado nacional e internacional sigue creciendo, más sin embargo para obtener el potencial nutricional se consume secos o frescos, y también por medio de diversos productos nutracéuticos y alimentos funcionales (Ramírez, Bravo y Espinosa, 2021).

e) Huitlacoche

Incluye a hongos patógenos, la *U. maydis* pertenece al orden Ustilaginales, se presenta en plantas biográficas que infectan el maíz, denominado como un alimento funcional de alta calidad, es denominado un manjar gastronómico, podría incluirse en a dieta diaria por sus características atractivas, nutrientes y compuestos, contiene 9,7 a 16,4% de proteína, alimento nutracéutico. Se trata de un alimento natural con notables propiedades

nutricionales. Asimismo, sus propiedades medicinales se han popularizado ampliamente a través de diversos extractos o concentrados (nutracéuticos, nutricéuticos) utilizados como suplementos alimenticios a nivel mundial, para fortalecer el sistema inmunológico, para reducir la hipertensión, y para prevenir y tratar el cáncer, la diabetes, el SIDA, y enfermedades cardiovasculares y parasitarias (Martínez et al., 2004, p. 5).

f) Otros hongos

Existe una gran variedad de hongos comestibles que poseen beneficios para la salud, entre ellos *Tramates versicolor;* promueve el potencial quimiopreventivo, el hongo *Grifila Frondosa;* promueve como agente contra el cáncer, *Cordyceps militaris;* actúa como compuesto antitumoral, antiproliferativo, antimetastásico, insecticida y antibacteriano, *Cordeceps sinensis;* contiene potencial terapéutico, mayor efecto producción de adenosín trifosfato, oxígeno y estabilización del metabolismo del azúcar en la sangre. *Antrodia cinnanomea;* utilizado para tratar la intoxicación alimentaria, farmacológica, la diarrea, el dolor abdominal, la hipertensión, el picor de la piel y cáncer; *Panellus serotinus*ayuda a prevenir el desarrollo de la enfermedad del hígado graso no alcohólico. *A. polyricha* tiene propiedades eficaces para reducir el colesterol lioproteinas de baja densidad y la placa aterosclerótica, actividades antitumorales y anticuajulantes. *Flammulina velutipes* contiene compuestos biológicamente activos como fibra dietética, la presión arterial y colesterol (Valverde et al., 2015, p. 8).

2.2 Propiedades nutricionales de los hongos comestibles

La mayoría de nosotros consume hongos comestibles por su excelente sabor, aroma, y textura. Sin embargo, es poco conocido su gran potencial como alimento funcional con propiedades nutricionales y medicinales que promueven la salud. Estas propiedades son únicas y diferentes a las aportadas por otros alimentos ampliamente consumidos, ya que los hongos constituyen un reino de la naturaleza independiente de las plantas y los animales (Martínez et al., 2004, p. 5)

La composición nutricional de los hongos puede variar dentro de la misma especie, por la variedad, sustrato, técnicas de cultivo, madurez de la cosecha, etapas de desarrollo del hongo y frescura de la muestra (Barros et al. 2008). Cuando los resultados son calculados en base al peso fresco (pf), la concentración de sus nutrientes varía afectando los

cuerpos fructíferos. Estos contienen una cantidad de agua muy elevada, según factores ambientales como la temperatura y la humedad relativa del aire, durante su crecimiento y almacenamiento varia el contenido en humedad y también por la cantidad relativa de agua metabólica que puede producirse. En los hongos estudiados hasta hoy se pueden encontrar valores del contenido en humedad desde 67,2 a 93,77 g/100g de peso fresco (Di, Farenzena, Rodriguez y Albertengo, 2015, p. 156).

2.2.1 Valor nutricional de los hongos comestibles

Los hongos comestibles poseen un 90% agua y 10% de materia seca, con alto contenido de proteínas, fibra, vitaminas y minerales, y a su bajo contenido de grasas, aportan todos los aminoácidos esenciales y se convierte en un alimento muy útil en las dietas vegetarianas, se debe hacer énfasis en que los hongos ante las verduras poseen mayor proteína y también beneficios para la salud humana por el contenido de diferentes compuestos bioactivos (Barros et al., 2007).

Las diferentes características de crecimiento, etapa y condiciones de postcosecha, pueden influir en la composición química y el valor nutricional de las diferentes especies. Los contenidos de humedad de las setas oscilan entre 80 y 95g por cada 100g, en cantidades aproximadas, la fuente proteica varía entre 200 a 250g por kg de materia seca, dentro de los nutrientes más abundantes están los ácidos leucina, valina, glutamina, glutámico y aspártico, y estos hongos son bajos en calorías con 20 a 30g por Kg, de materia seca, entre ellos linoleico (C18: 2), oleico (C18: 1) y palmítico (C16: 0), entre los principales. Las cantidades en cenizas, son del 80 a 120g por kg de materia seca entre ella principalmente, potasio, fósforo, magnesio, calcio, cobre, hierro y zinc. Dentro del grupo de los carbohidratos que poseen los hongos comestibles como quitina, glucógeno, trehalosa y manitol, además contienen fibra, β-glucanos, hemicelulosas y sustancias pécticas, la fructosa y sacarosa se encuentran en cantidad baja. Las vitaminas que contienen los hongos comestibles, entre las más abundantes esta la riboflavina (vitamina B2), niacina, folatos y trazas de vitamina C, B1, B12, D y E, en base a lo mencionado se da a conocer que los hongos comestibles son la única fuente no animal que posee vitamina D, siendo la única fuente de vitamina D para dieta veganas, cabe tomar en cuenta que los hongos silvestres, pueden producir vitamina D2 puesto que necesita luz UV-B (Valverde et al., 2015)

Dependiendo del tipo de sustrato lignocelulósico cultivado, se encontraron valores diferentes en los rendimientos de cultivo de las cepas importadas de *pulmonius RN2* y de las cepas nativas de *P. djamor RN81 y RN82*. Los hongos cultivados en paja de maíz generalmente tienen valores más bajos y los hongos cultivados en paja tienen valores más altos en términos de eficiencia biológica y rendimiento. Sin embargo, la composición nutricional de los cuerpos fructíferos posee valores que contienen: carbohidratos, grasas y energía de *Djamor* RN81 y RN82 fueron más altos que en *P. pulmonius* RN 2, pero estos resultados sugieren valores de rendimiento relevantes (bioeficiencia y tasa de rendimiento). Para la interacción del sustrato con una cepa particular, la interacción de factores como la composición química, la estructura morfológica del sustrato y las condiciones ambientales, son favorables para el crecimiento y fructificación del hongo, contenido nutricional y contenido de fibra, para parámetros nutricionales específicos como proteínas y rendimiento Es probable que el valor del parámetro aumente a medida que disminuye la producción (Vega y Franco, 2013). En la tabla 2-9, se evidencia que la mayor proporción en energía, proteína y grasa se encuentra en los dos géneros de *Pleurotus spp.* estudiados.

Tabla 2- 9

Comparación de alimentos ante hongos del género Pleurotus spp.

Alimento	Energía kcal/100 g b. s.	Proteína (%)	Grasa (%)
P. pulmonarius RN2, cultivado sobre tuza de maíz	335.84	32.82	3.05
P. djamor RN82, cultivado sobre tuza maíz	299.65	43.07	1.98
Pechuga de pollo sin piel cocida	151	28.98	3.03
Carne semimagra asada	260	27.63	15.76
Carne de res semimagra asada	291	26.42	19.71
Frijol de soya, grano seco	416	36.49	1994

Fuente: Vega y Franco, (2013)

El contenido nutricional y las medidas de control de calidad del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en plantaciones de café en dos regiones cafetaleras en Perú. Los siguientes métodos se utilizan como métodos de tratamiento alternativos para reducir la contaminación ambiental y el uso de dichos desechos. Las semillas de micelio se prepararon en el laboratorio a partir de tamices de frutas disponibles comercialmente. La composición nutricional de los hongos ostra se determinó analizando los nutrientes clave y

micronutrientes (minerales) y evaluando la presencia de cafeína. Cabe señalar también que este estudio no solo mejora la salud, sino que también tiene implicaciones para reducir la contaminación ambiental producida por estos residuos mediante métodos de tratamiento sostenibles y respetuosos con el medio ambiente de los cultivos en crecimiento, y el moho de estos residuos (Nieto, Cuzcano y Reyes 2019). En la tabla 2-10 se muestran los valores de los macronutrientes: tanto humedad (87.36 %) siendo una característica propia del hongo comestible, proteína (28.6 %), carbohidratos (<8 %), lípidos (<1 %).

Tabla 2- 10

Propiedades nutricionales (macronutrientes) género Preurotus

Macronutrientes	Porcentaje
Humedad	87.36%
Proteína	28.6%
Carbohidratos	< 8%
Lípidos	< 1%

Fuente: Nieto, Cuzcano y Reyes, 2019)

En la tabla 2-11, se muestran los micronutrientes de manera general en base a el estudio presente en dependencia de un sustrato de pulpa de café, como resultados se obtuvo: 1406.9 mg calcio en mayor proporción a comparación de los demás nutrientes, magnesio 554.5 mg de sodio, 428.5 mg de hierro, y menor proporción con 20.8 mg de cobre (Nieto, Cuzcano y Reyes, 2019).

Tabla 2- 11

Propiedades nutricionales (micronutrientes) género Preurotus

Macronutrientes	Mg/100
Calcio	1406.9
Magnesio	554.5
Sodio	428.7
Hierro	348.5
Cobre	20.8

Fuente: Nieto Cuzcano y Walter Reyes (2019)

En este caso según Ochsner (2019) el hongo *Suillus luteus* se considera un alimento completo debido a que en su composición contiene vitaminas, minerales, proteínas, carbohidratos, alta humedad (85-95%) y bajas calorías. Aunque la carne animal no contiene fibra, la carne de hongos puede considerarse una fuente de fibra ya que tiene de 1 a 34 g,

siendo de importancia para la dieta diaria. Los hongos son una fuente de proteínas en comparación con los alimentos de las fuentes de proteínas de origen vegetal, con las fuentes animales son equivalentes y pueden ser remplazadas en su consumo, satisfaciendo necesidades del organismo. En la tabla 2- 12 se compara el contenido de %H (humedad del producto), Kcal que aporta, CHOS (hidratos de carbono) y grasas. Las kcal de un hongo *Suillus luteus* se asimilan a las kcal de un pollo cocido y habas.

Tabla 2- 12

Comparación de contenido en macronutrientes en alimentos.

Alimento	**% H**	**Kcal**	**Proteína (g)**	**CHOS (g)**	**Grasas (g)**
Huevo (crudo)	75,84	17	12,58	0,77	9.94
Carne	62,02	234	18,68	0	17,15
Pollo (cocido)	63,93	219	24,68	0	12,58
Pescado (atún enlatado en aceite)	64	186	26,53	0	8,08
Cuy	78,20	96	19	0	1,60
Leche	88,32	60	3,22	4,52	3,25
Queso fresco	55,00	64	17,5	3,30	20,10
Chocho	69,7	151	11,6	9,6	8,6
Habas	10,98	241	26,12	57,10	1,30
Frejol negro	10,40	343	22,70	61,60	1,60
Lenteja	10,40	353	25,8	60,08	1,06
Hongo *Suillus luteus*	85-95	38 (fresco) 227 (seco)	3,20 (Fresco) 20 (seco)	5,60 (fresco) 25 (seco)	0.30 (fresco) 6 (fresco)

Fuente: Ochsner (2019)

Los champiñones son una buena fuente de proteínas, poseen bajo aporte calórico debido a su gran contenido de agua, entre 26 a 40 kcal por cada 100 gramos con una composición en aminoácidos similar a la proteína animal que vegetal. Su alto contenido en fibra y bajo aporte graso son características deseables en una alimentación saludable, en la Tabla 2-13 se representan valores en comparación con demás fuentes proteicas de origen animal y vegetal, se tomó en cuenta el peso promedio en gramos, las kilocalorías en porcentaje, Na (sodio en porcentaje), K (potasio en porcentaje), vitamina B-1, vitamina B-2, vitamina B-5, vitamina B-9, vitamina D y el Se (selenio) (Ipiales, 2018).

Tabla 2- 13

Composición nutricional con un peso promedio de 100 gr.

Alimento	Kcal (%)	Na (%)	K (%)	vit B-1 (%)	vit B-2(%)	vit B-5 (%)	vit B-9 (%)	vit D (%)	Se (%)
Champiñón	40	21mg	450mg	0.10mg	0.47mg	2.25mg	0.027mg	1.88ug	28ug
Lechuga	17	16mg	261mg	0.06mg	0.10mg	0.11mg	0.025mg	-	lug
Nabo	39	26mg	300mg	0.05mg	0.05mg	0.20mg	-	-	-
Repollo	32	23mg	216mg	0.04mg	0.06mg	0.10mg	-	-	-
Tomate	23	5mg	240mg	0.10mg	0.06mg	0.02mg	0.037mg	-	1ug
Zanahoria	-	70mg	240mg	0.05mg	0.15mg	0.30mg	0.064mg	-	1ug
Espinaca	-	24mg	526mg	0.08mg	0.20mg	0.11mg	0.006mg	-	-
Melón	-	8mg	210mg	0.05mg	0.02mg	0.08mg	0.024mg	-	-
Albaricoque	-	6mg	226mg	0.02mg	0.03mg	0.12mg	0.003mg	-	-
Manzana	31	2mg	112mg	0.05mg	0.05mg	0.09mh	0.006mg	-	1ug
Plátano	105	22mg	500mg	0.16mg	0.08mg	0.15mg	0.013mg	-	1ug
Limón	26	4mg	275mg	0.06m g	0.02mg	0.20mg	0.004mg	-	1ug

Fuente: Sánchez, Royse y Lara (2007**) y** Ipiales (2018)

2.2.1.2 Proteínas

Realizan una función plástica, este proceso mantiene los tejidos musculares o los huesos en forma aprovechando las sustancias nutritivas, nuestro organizo necesita sustancia para la construcción de estructuras propias del organismo (Corrales, 2019). Los seres humanos necesitamos un total de 20 aminoácidos, 11 de ellos el organismo los sintetiza (y 9 de ellos necesitamos obtenerlos de los alimentos denominados esenciales (histidina, leucina, isoleucina, metionina, treonina, valina, fenilalanina, treonina, lisina) (González, Téllez, Sampredro y Nájera, 2007). “La calidad de una proteína puede modificarse por los tratamientos tecnológicos y culinarios a los que son sometidos los alimentos que la contiene y también por la presencia en ellos de factores antinutricionales a la biodisponibilidad de los aminoácidos” (Martínez y Martínez, 2006, p. 1).

Las proteínas aproximadamente van de 24 a 48%, varía según la especie, en contenido de peso seco aproximadamente brinda del 35%, indica que puede ser un sustituto para la carne (Cano y Romero, 2016). En la tabla 2-14, se muestran en comparación dos variedades hongos comestibles (*P. ostreatus y A. bisporus)*, brindan aminoácidos esenciales que complementan dentro de la nutrición que requiere el organismo humano para las

diferentes funciones que ejerce. Al respecto de (MEAA) según Bermúdez et al., (2003), menciona que es la determinación del índice modificado de aminoácidos esenciales, un método que brinda resultados próximos a los presentados.

Tabla 2- 14

Comparación aminoacídica de la proteína de P. ostreatus y A. bisporus

Aminoácidos	*Pleurotus ostreatus* *(g/16gN)*	*Agaricus bisporus* *(g/16gN)*
lle	2,75	4,29
Leu	4,54	7,18
Lys	3,52	Trazas
Met	0,84	Trazas
Phe	9,23	4.41
Thr	3,17	4.90
Val	3,59	5,28
Tyr	2,07	2,20
Ala	6,27	9,58
Arg	4,30	5,47
Asp	6,83	10,68
Glu	10,68	17,18
Gly	3,66	5,09
His	2,39	2,20
Pro	2,75	6,08
Ser	3,27	5,21
MEAA	56.0	

Fuente: (Bermúdez et al. 2003)

2.2.1.2 Carbohidratos

Según Iván Martínez (2001) "Los carbohidratos, en la forma de glicanos, son portadores y moduladores de información intracelular y extracelular esencial e influyen directamente en la función y la actividad de las proteínas y los lípidos que los portan en aquellas moléculas con las que interactúan" (p. 2). Son energéticos y ocupan el 60% en especial fibras dietéticas (D-glucanas, quitína y sustancias pécticas). González et al., (2011) indica que "los hongos contienen entre el 47% y el 81% de carbohidratos: hexosas, pentosas, metilpentosas, oligosacáridos, aminoazúcaresy azúcares alcohol. Los polisacáridos obtenidos de los hongos poseen una pronunciada importancia farmacológica" (p. 13), por ello la importancia de su consumo.

2.2.1.3 Vitaminas

Según Corrales (2019) son reguladores orgánicos y metabólicos que permiten garantizar una actividad física adecuada y mantener una vida sana. Estas sustancias orgánicas se encuentran presentes en mínima cantidad y necesaria dentro de los alimentos para la nutrición. La Riboflavina (B12), niacina (B3) y folatos (B9), son las vitaminas que se encuentran en las distintas variedades de hongos comestibles.

Según González, Téllez, Sampredro y Nájera (2011) "los hongos son una buena fuente de vitaminas, incluyendo tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina, biotina, ácido ascórbico (C), y trazas de vitamina B12 y D2. Su contenido varía con la especie. El contenido de ribloflavina es mayor en los hongos que en los vegetales y en los champiñones es mayor que el queso y huevo. Todos son ricos en niacina y contienen cantidades moderadamente altas de fosfatos, similares a los vegetales" (p. 13).

2.2.1.4 Minerales

Varía entre 6 a 11% según la especie en mayor cantidad son calcio, potasio, fosforo, magnesio sin y cobre (Cano y Romero, 2016). El hongo *Astreatus hygrometricas*, *Laccaria laccata*, *Amanita caesarea*, *Pisolithuss tinctoritus* poseen nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, cobre (ppm), hierro, (pmm), zinc (ppm) (Gómez et al. 2019). Los Minerales son reguladores orgánicos y metabólicos, ayudan el organismo que este ordenado y regulado, dentro de ellos se resalta "el calcio, que como elemento plástico cumple un papel fundamental en la contracción muscular y en la transmisión de los impulsos nerviosos" (Corrales, 2019, p. 18).

2.2.1.5 Lípidos

Según Quintero (2014) son energéticos, las funciones de los lípidos son estructurales y reguladoras, por lo que en ausencia puede producir diversas alteraciones, las más importantes intervienen en la adsorción y metabolismo humano entre ellas: ácidos grasos, triacilgliceridos, lípidos de membrana, entre otros En los hongos comestibles se encuentran del 2 al 8% entre los cuales ácido linolenico. Según R. González et al., (2011), el 72% de los ácidos grasos son insaturados. Los lípidos que brindan los hongos "comestibles van desde ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos, triglicéridos, esteroides y fosfolípidos" (p. 13).

Benavides, Cabrera, Villota y Perdomo (2015) realizan un estudio con bagazo al 66% y 30 % de granza de avena forrajera, sustrato que fue utilizado para *Pleurotus ostreatus*, empleando bolsas con condiciones en promedio de 15 °C y humedad relativa al 90 %, se mantuvo 12 horas de luz natural. Cosechados los basidocarpos fueron deshidratados por un lapso de 48 horas a 60 °C, pasando a molienda y tamizaje en criba con diámetro de 1 mm y para conservar se dejó en refrigeración con temperaturas de 4 °C, se empleó el método de Folch, Lees y Stanley (1957,498) para la extracción de lípidos totales y para análisis de ácidos grasos el método de Reis. Según Barros, Martins y Ferreira (2012, p. 192) se obtuvo un total de 4,50%, de los cuales se da a conocer que posee tres ácidos grasos mayoritarios: ácido palmítico 13,44%, ácido oleico con 12,56 % y ácido linoleico del 71,15%, ácidos grasos minutarios: con un total de 2.85% en ácido α-linolénico, ácido esteárico, ácido mirístico y ácido palmitoleico, estos son ácidos grasos insaturados de gran calidad.

2.2.2 Potencial medicinal

En prácticas medicinales tradicionales han sido utilizadas más de 70 especies de hongos en los que se aplican el tratamiento de 40 tipos de enfermedades (Guzmán 2008). Los hongos comestibles silvestres poseen propiedades medicinales tales como: "antioxidante, antibacteriano, antiinflamatorio, mejora la vista, infecciones gastrointestinales, control de dolor de cabeza, antitumoral, tratamientos de lumbalgia, tonificante, esquelalgia, bronquitis, tonificante del estómago, tratamiento de la hepatopatía, entre otras" (Jiménez, Pérez, Almaraz y Torres, p. 13).

Según Ramírez et al., (2021) el hongo *Gonoderma lucidum*, posee compuestos bioa-activos (acidos ganodéricos y Beta-glucanos, entre otros), los cuales brindan "propiedades nutracéuticas, comprobadas por estudios científicos, con utilidad para tratamiento de anorexia, hepatitis, bronquitis, gastritis, hemorroides, nefritis, estreñimiento, dismenorrea, lupus, enfermedades crónicas como artritis, migraña, hipertensión, diabetes, hipercolesterolemia, asma, enfermedades cardiovasculares e incluso el cáncer" (Sabulal, Johnson, y Govindan, 2015, p. 208).

Según Voncik, Herta, Pérez y Waszczynskyj (2012) el hongo *Agaricus brasiliensis* es empleado para prevención de enfermedades coronarias, cáncer, diabetes, "poseen

sustancias efectivas para bajar el colesterol mejoran la hiperlipidemia, ejercen actividad hipoglucemiantes, reducen la presión alta, contiene antioxidantes y tienen actividad hipoglucemiantes" (Santa et al., 2010, p. 211).

Los β-glucanos de los hongos comestibles presentan actividad anticancerígena, inmunoestimuladoras, hipoglucémicas, anti-infecciosas, analgésicas, y antiinflamatorias. *L. edados* (Shiitake) presenta el polisacárido 27,5 kDa misma que estimula una secreción por citosinas por células T generando un incremento de células NK y linfocitos T citotóxicos, permite emplearse en la industria de la medicina como anticancerígena con la presencia de interleucina (Suárez y Nieto, 2013).

2.3 Aplicaciones agroindustriales de los hongos comestibles

El gran reto en países en desarrollo sigue siendo la promoción sobre el consumo de hongos comestibles, no solo para demostrar su alto nivel nutricional, y su bajo costo en producción; es importante idear estrategias y alternativas para eliminar las falsas creencias entorno a su consumo y su potencial nutritivo, involucrarse con tecnologías que potencialicen sus bondades. Es entonces que podemos concluir sobre los diversos beneficios de los hongos para los humanos con las palabras del padre de la medicina, Hipócrates "Deja que la comida sea tu medicina y la medicina sea tu comida". En la actualidad la creciente preocupación por llevar una alimentación y saludbalanceada, permite la aparición de nuevos productos, dando un valor agregado, por lo que los alimentos funcionales van en creciente y presenta un mercado que requiere estos alimentos funcionales, se pueden encontrar algunos de ellos en diferentes productos, entre ellos yogurt pre- o probiótico que contienen cultivos vivos beneficiosos añadidos como el *Lactobacillus sp*., *Bifidobacterium sp*., las margarinas vegetales enriquecidas con esteres de fitoesteroles ofitoestetanoles que son sustancias vegetales que ayudan a reducir los niveles de colesterol en el organismo, en la actualidad se encuentran, galletas, cereales, fideos, entro otros, unavariedad (Ramírez, 2009).

Alimento funcional de acuerdo a lo definido en NTE INEN 2587 (2011), "es un alimento natural o procesado que siendo parte de una dieta van consumiendo en cantidades adecuadas y de forma regular, además de nutrir tiene componentes bioactivos que ayudana las funciones fisiológicas normales y/o que contribuyen a reducir o previo riesgo

enfermedades" (p. 2). El interés incrementado hacia el consumo de alimentos funcionales, son una categoría especifica de alimentos que permite a la industria alimentaria incluir a los hongos como alimentos funcionales debido a las propiedades saludables, respaldadas por rigurosos estudios científicos, en los que incluyen además de su efecto nutritivo, reduce el riesgo de enfermedad o lo mejora afectando beneficiosamente a más funciones del organismo (Ramírez, 2009).

Materia prima: En la preparación de productos de hongos sólo podrán utilizarse hongos comestibles frescos tratados o elaborados inmediatamente después de recogidos, antes deque comience su deterioración. Los hongos, tanto como materia prima como como hongos en conserva, deberán estar sanos, limpios, indemnes, exentos en lo posible de daños producidos por larvas y tener el olor y el sabor propios de su especie, de acuerdo a lo definido en NTE IENE 2719 (2013).

De acuerdo a lo definido en NTE INEN 2719 (2013) los ingredientes permitidos de los productos de hongos "podrán contener sal (cloruro de sodio), vinagre, especias y hierbas aromáticas, azúcares (cualquier sustancia edulcorante de carbohidrato), aceite vegetal comestible refinado, grasa animal comestible refinada, mantequilla, leche, leche en polvo, crema, agua y vino" (p. 4), sin embargo el uso de los hongos comestibles se adapta a distintas formas de consumirlo, en función del paladar y exigencia del consumidor.

La NTE INEN 2719 (2013), Norma General para los hongos comestibles y su productos (CODEX STAN 38-1981, MOD), menciona los siguientes productos: hongos surtidos, hongos comestibles desecados, sémola de hongos, polvo de hongos, hongos encurtidos, hongos salados, hongos fermentados, hongos congelados, extracto de hongos, concentrado de hongos, hongos esterilizados, hongos en aceite de oliva y otros aceites vegetales, tortas o panes de *fungus mycelium*, hongos frescos (según su forma de presentación pueden ser: enteros con sus pies, sombreretes enteros "botones" sin pies, en lonjas, trozos y pies).

Los productos que se obtienen de la industrialización del champiñón, están destinados al consumo fresco tanto como laminados y en conservas, de ellos se generan subproductos como: extractos acuosos, entre ellos la ergotioneina (Inca 2019). Debido la cantidad de aplicaciones que poseen macromicetos en especial los basidiomicetos la

industria despierta un interés tanto para biorremediación, producción de enzimas, o aplicaciones en la industria alimentaria y médica. Cada especie brinda componentes biológicos con características químicas que confieren diversos tipos de actividades (Ramírez y Arango 2017). Dentro de la tabla 2-15 se muestra un fragmento del potencial de los hongos ante las industrias a las que favorece con sus propiedades.

Tabla 2- 15

Usos industriales de los macromicetos

Hongo	Capacidad	Utilidad
Podredumbre blanca *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray., *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Lecitinula edodes* (Berk) Pegler., *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr) P. Kumm., *Volvariella volvácea* (Bulliard ex Fries) Singer., *Agaricus subrufescens* Peck	actividad enzimática β-D glucanos , proteoglicanos, terpenos, compuestos fenólicos	Industria textil y papelera Industria medicinal (Antitumorales, antifúngicas, antivirales, entre otras) Industria alimentaria
Pleurotus djamor	antioxidante	Industria alimenticia y medicinal

Fuente: Ramírez y Arango (2017)

2.3.1 Hongos deshidratados

La deshidratación en los alimentos implica reducir el contenido de agua y estabilizar el producto, reduciendo así la presencia de microorganismos y el contenido de agua libre, interfiriendo así con la actividad de las enzimas en el propio alimento. El secado debe realizarse a temperaturas moderadas, ya que las altas temperaturas desnaturalizan las proteínas, pierden micronutrientes como las vitaminas y alteran las propiedades fisicoquímicas. Para ello se lleva a cabo un procedimiento que consiste: recolección (cortar el pie del hongo de forma manual y colocándolos en bolsas de plásticos), Selección (Limpieza, lavado y desinfección) el sombrero oscila entre 5 a 10 cm sin daños ni presencia de descomposición, trozado o laminado (espesor de 2.0 a 3.0 mm con el fin de obtenerse un deshidratado optimo), escaldado o blanqueado se pueden utilizar 3 tratamientos:

tratamiento químico (solución de ácido ascórbico por inmersión o ácido cítrico en solución al 3%), tratamiento térmico (agua a 8°C por 30 segundos), tratamiento químico y térmico (inmersión en ácido ascórbico llevando a 80 °C por 30 segundos), enfriado, escurrido y oreo (sobre paños esterilizados), secado (en estufa a temperatura entre 45 a 55°C con humedad final de 9%), molienda con molino a martillos (tamiz de malla 210 um), empaquetado en bolsas de polietileno (0.94 a 0.96g/ml con espesor de 0.085 mm)almacenando el producto, se termina almacenando el producto en un lugar ventilado y seco (Salas de la Torre, Bazán, Osorio, Cornejo y Carrero, 2003).

2.3.2 Enlatado de Agaricus bisporus en aceite de oliva

Se deberá elegir materia prima de óptima calidad de color blanco marfil, libres de puntos oscuros o manchas debido a que son extremadamente susceptibles a cambios de color y roturas de partes del hongo comestible, se seleccionan de acuerdo al diámetro del sombrero, mismo que oscila 3,5 a 5,5 cm, se separan en función a peso, forma, color, tamaño y grado de madurez, se limpia con una escobilla de cerdas finas de forma delicada con el fin de eliminar restos de tierra o partículas extrañas, pasa al área de lavado por medio de inmersiones en agua y un enjuague para disminuir la carga microbiana (solución de bisulfito de sodio que contenga 5 ppm), se efectúa un blanqueo permitiendo reducir la carga microbiana e inactivando enzimas encargadas de alterar el color y sabor, se usa agua a ebullición con 2.5% de NaCl y 1% de .ácido cítrico en relación de (1:1) de agua y cantidad de hongos comestibles en kg, el tiempo empleado es de 3 a 4 minutos, escurrir y colocar a cocción por un tiempo de 5 minutos adicionando por kilogramo de hongos: 0.7 L de agua, 0.3 L de vinagre, 3 hojas de diente de ajo, 3 hojas de laurel, 6 gr de pimienta negra, media cucharada de orégano. Transcurrido el tiempo de cocción escurrir apartando las hojas aromatizantes añadidas para condimentar el sabor y aroma, y se llenan las latas con la base de hongos obtenida mismas que también son cubiertas con aceite de oliva (90 a 95 °C) y vinagre blanco en reacción (1:03) dejando un espacio, en el sellado se utiliza una selladora mecánica, cuidando que el sellado sea hermético y uniforme. Para seguridad alimentaria se efectúa un tratamiento térmico en este proyecto se llevó a cabo en autoclave a temperaturas de 115 °C, con presión de 15 lb/pulg^2, en un tiempo de 20 minutos, con pH de 4.5 en *Agaricus* y de importancia someter a enfriamiento brusco (choque térmico) empleando corrientes de agua helada estabilizando a temperatura promedio de 32 °C, mismo que

garantiza la inocuidad del producto y como etapa final deben examinarse las latas, un buen vacío indica una superficie ligeramente cóncava, entonces esta lista para ser etiquetada, puestas en cajas y enviadas a almacenamiento en un ambiente ventilado y seco, con anaqueles de fácil desplazamiento (Salas de la Torre, Bazán y Osorio, 2003). En la Figura 2-1 se encuentra un diagrama de bloque que hace enfoque directo a cada etapa del procesamiento de este producto agroindustrial a base de hongos comestibles.

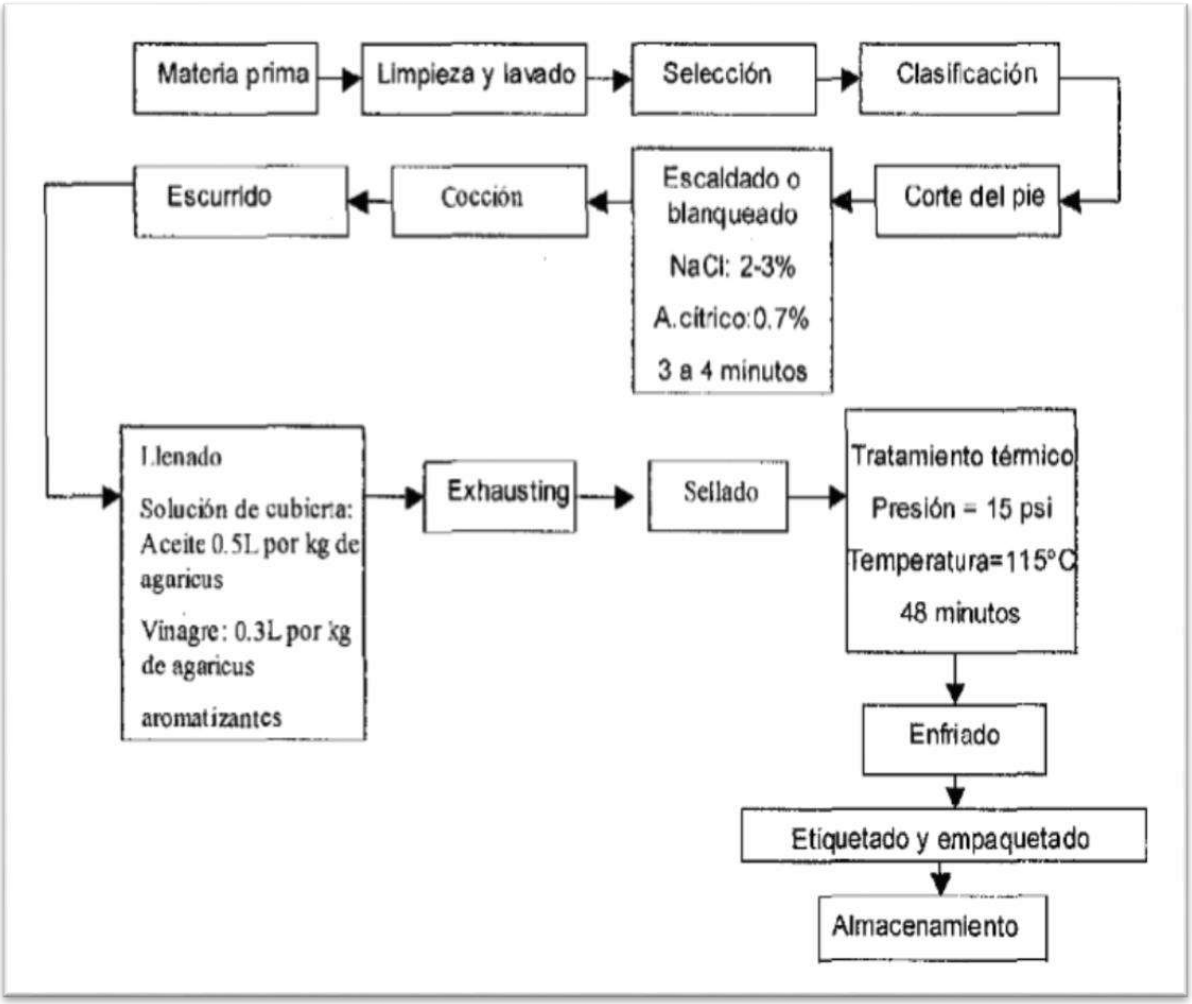

Figura 2- 1 *Elaboración de Enlatado de Agaricus bisporus en Aceite de Oliva*

Fuente: Salas de la Torre, Bazán y Osorio (2003)

2.3.3 Salsa de hongos (Pleurotus ostreatus)

Para la elaboración de este producto se emplea operaciones empezando por la recepción de materia prima, selección, lavado, cortado, un escaldado a 70°C por 150

segundos, mientras se lleva a recepción a 90 °C al mismo momento se mantiene uniformidad en la mezcla, se envasa y estos productos pasan por un esterilizado a 121 °C por 40min (Huamán, Reynaldo, Hurtado, Bravo y Silva, 2016). El sabor es exquisito, se pude degustar acompañado en conjunto con los alimentos de consumo diario, incluyendo a nuestra dieta un valor nutricional que puede aprovechar muestro organismo.

2.3.4 Nuggets vegetal de champiñón (Agaricus bisporus)

A base de champiñón blanco *Agaricus bisporus* y avena se emplea champiñón blanco para dos tratamientos A1 (90% champiñón, avena 10%), A2 (Champiñón blanco al 75%, avena al 25%). Las operaciones a seguir empiezan desde la adquisición y recepción de materia prima verificando que se encuentre en condiciones óptimas, previo al procesamiento se realiza una selección y pesado para llevarlos al área de lavado eliminando todos los residuos de tierra, compost entre otros agentes extraños, en la etapa de escaldado y blanqueado se someten los champiñones en agua a temperatura de 85 a 90°C, con adición ácido cítrico al 0.05% y 1% de sal, transcurrido el tiempo se elimina el agua por medio de un escurrido, para pasar al Cutter se mezclan las cantidades pesadas por un lapso de tiempo de 5 a 10 minutos de tal manera que se obtiene una pasta uniforme, la misma que se forma característica a nuggets es importante que todas mantengan el mismo peso, se cubre con una capa de apanadura y la fritura se puede efectuar a 180°C, temperatura del aceite vegetal, durante 5 segundos. El empacado en bolsas de polietileno de alta densidad y un almacenamiento de a temperatura de -18 °C (Ipiales, 2018).

2.3.5 Aderezo de champiñones

Salsa o aderezo mezcla fluida de ingredientes que se usan para acompañar a los alimentos y modificar su sabor (RTE INEN 082, 2013, p. 3). La variedad que se utiliza para este producto es el champiñón blanco, posee olor inodoro, con su sabor característico, se reciben frescos y sin daños, se efectúa una selección descartando manualmente champiñones con defectos, donde son lavados con agua tratada, para posteriormente pasar al troceado en donde se realizan rodajas y son sometidas a un blanqueo consistiendo en un proceso de escaldado (evitar el pardeamiento), la misma que consiste en someter las rodajas de champiñón en agua a temperatura de 100°C durante 3 minutos, inmediatamente son sumergidos en una salmuera (33.3% de sal y 0.33% de ácido ascórbico) a temperatura de

70°C y se deja en reposo por un lapso de 24 horas como mínimo, se saca de la salmuera se someten a cocción (a temperatura constante de 70 °C) en mezcla con las especias, pectina y leche, transcurridos 20 minutos se finaliza la pasteurización y se añade preservantes: ácido cítrico, sorbato de potasio, benzoato de sodio. El envasado se efectúa a temperatura de 90 °C en frascos de vidrio de 250 gramos, pasa a etiquetado y almacenamiento (Rivadeneira, 2009). El producto final posee características físico-químicas: humedad de 45.09%, acidez de 0.41%, proteínas de 3.67%, pH de 4.56%, Aw de 0.95%, grasa de 2.8%, y las características sensoriales: color beige, un olor característico a champiñón, sabor característico a champiñón, textura fluida.

2.3.6 Congelación criogénica de enchiladas con Pleurotus ostreatus

La materia prima son los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* una vez que han alcanzado la madurez comercial, 80 gramos son sometidos a deshidratación a temperatura de 60 °C, en estufa con aire de convección forzada, esta se utilizó para el relleno preparada con una receta base de 2 dientes de ajo picado, una cucharadita de aceite, medio jitomate picado, un cuarto de chile serrano picado. Las tortillas son preparadas de maíz tamizado, harina de trigo 250 gramos y un preparado de 5 chiles anchos desvenados remojados y molidos con media taza de agua hirviendo, se añade 100 gramos de aceite vegetal para preparar la masa, y se agrega el relleno de hongos comestibles, previo a esto pasa a cocerse en un comal y se deja reposar a temperatura ambiente. El procedimiento que se lleva a cabo por medio de dos equipos: una cámara de congelación criogénica la misma consiste en un gabinete metálico aislado con un unicel y con parrillas en su interior, se utilizó también un congelador comercial, permite obtener temperaturas de -24°C. La temperatura inicial tomada como punto fue de -1.5 °C y mediante el método de congelación mecánica aproximadamente de -1.3 °C, la ecuación de Heldman y Singh, fue de -1.56 °C, está dentro del rango optimo sin mayor significancia, un contenido de humedad del 56%, al finalizar el almacenamiento de dos meses valorando los resultados dando sabor agradable. El método de congelación criogénica con CO_2 es un método de conserva con eficacia ante el producto terminado por un lapso a experimento de dos meses (Gamiño, Bautista, García y Camarena, 2016).

2.3.7 Hongo Pleurotus ostreatus como sustituto de carne en salchicha

La salchicha según la descripción de la NTE INEN 1338 (1996), es el embutido elaborado a base de carne molida o emulsionada, mezclada o no de: bovino, porcino, pollo y otros tejidos comestibles de estas especies; con condimentos y aditivos permitidos; ahumado o no y puede ser maduro, crudo , escaldado o cocido (p. 1). La formulación utilizada fue la salchicha tipo Vienesa, misma que se elabora a partir de carne de ganado vacuno, de cerdo y grasa, por el método tradicional se dispone a reemplazar la carne de cerdo por hongos comestibles como materia prima, los condimentos al 1% y los aditivos utilizados son los recomendados en la INEN 2010 (Ruilova, Hernández, Díaz y Niño, 2016). Una vez estandarizado se trocea la carne de res, la grasa y los hongos *Pleurotus ostreatus*, pasa a ser molida, cuteada: en esta etapa se añade los carne al 40%, hongos al 27% , sal más nitritos , la mitad de hielos, fosfatos, ácido ascórbico, cubos de grasa (8%) entre las últimas 5 vueltas del cutter, la mitad de hielo restante y condimentos, se embute al vacío en tripa sintética y se lleva a cocción con temperatura de agua de 75 °C, hasta que la temperatura sea de 68 °C en el interior del producto, seguidamente son sometidas a un duchado con agua fría (Lema, 2010), selladas y empacadas al vacío. Ruilova et al., (2016) afirma que las salchichas obtenidas dan la posibilidad de presentar una formulación baja en grasa y nitritos, por el contrario brinda características benéficas por la presencia de β glucanos y fibra en su composición.

2.3.8 Productos que incluyen en su composición hongos comestibles

Los diferentes extractos que pueden obtenerse de los distintos hongos dan paso a incluirse en otros productos, siendo añadidos como un potencial, brinda un valor agregado que es de provecho para el consumidor. En la Tabla 2-16 se puede evidenciar algunos productos que se encuentra patentados en los que incluyen hongos comestibles. Estos ejemplos permiten mantener un ideal e implementación de ideas para la creación de nuevos productos, existen variedades que se pueden añadir dependiendo del tipo de producto o su utilidad, su gran potencial nutritivo como alimento completo brinda sustancias que permiten extraer compuestos químicos, esto se debe efectuar sin interrumpir características organolépticas del producto (Ramírez, 2009).

Tabla 2- 16

Patentes de productos que incluyen en su composición hongos comestibles

Número de patente	Año	Titulo	Ingredientes
10/235829	2002	Bebidas con extracto de *Fomes japonicus* extraído con miel y vinagre	Extracto de *Fomes japonicus*, miel y vinagre
11/257128	2005	Extractos de hongos con actividad anticancerígena.	Extracto del micelio de *Ganoderma adspersum, Hypsizygus ulmarium, Kuehneromyces mutabilis, Omphalotus olearius, Panus conchatus, Piptoporus betulinus, Pleurotus eryngii y Trametes zonata*
WO/2006/071085	2006	Formulación de una tableta de leche con actividad inmunomodulatoria y un método de preparación de la misma.	Mezcla de extractos de *Acanthopanax senticosus, Radix Adenophorae, Agaricus bisporus y Pleurotus ostreatus*
WIPO-WO/2007/063158	2007	Alimento funcional con efectos positivos en la prevención de enfermedades cardiovasculares.	Mezcla de hongos incluyendo extractos de *Ganoderma Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing
WO/2007/118368	2007	Té para la reducción de azúcar en la sangre y del proceso de éste.	Mezcla de *Ganoderma, Rhizoma Dioscoreae, Folium Camelliae sinensis y Semen Fagopyri Esculenti*
USPTO - 20080171103	2008	Alimentos saludables y funcionales para pacientes con obesidad usando patata morada.	Variedad específica de patata y glucanos de hongos
US 20080254168	2008	Formulación de alimentos deshidratados	Extracto de *L. edodes*
WO/2008/143365	2008	Composiciones que contienen chlorella y extractos de hierbas	Mezcla de extracto de *chlorella* con plantas y hongos como *Panax ginseng, Ganoderma lucidum, Valeriana frauriei birq, Poria cocus, Zerumbet Bupleurum scorzoneraefolium, Glycyrrhiza* junto con malta y miel.

Fuente: Ramírez (2009)

CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo o Diseño de Investigación:

En este trabajo de integración curricular se realizó una investigación teórica con un enfoque documental la misma que se ajustó a la selección y recopilación de información por medio de la lectura crítica de documentos y materiales bibliográficos existentes en documentos publicados, con el fin de tener antecedentes para profundizar en la información sobre, sistemas de producción, propiedades nutricionales y la aplicación agroindustrial de los hongos comestibles.

3.2 Métodos de Investigación:

El método que se utilizó para la revisión documental de los sistemas de producción, propiedades nutricionales y su aplicación agroindustrial de los hongos comestibles fue la investigación documental de las siguientes fuentes: normas técnicas nacionales e internacionales, artículos científicos, revistas, libros, tesis de pregrado y posgrado, se utilizó buscadores como: Google académico, Scielo, Latindex con las siguientes palabras claves: fungí, hongos comestibles, cepas, sistemas y cultivos de hongos, setas, alimentos funcionales, nutrición.

Posteriormente los datos bibliográficos obtenidos se analizaron, lo cual permitió conocer los sistemas de producción, propiedades nutricionales y su aplicación agroindustrial de los hongos comestibles, esta diferenciación permitió concluir el presente trabajo de investigación.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Principales sistemas de producción de hongos comestibles

Se analizaron 3 sistemas de producción de hongos comestibles: sistema americano, sistema holandés, sistema francés:

Sistema americano: Denominado "sistema de camas", en el que se coloca el compost en bases de camas de madera (Gaitán et al., 2004), las cuales se distribuye en estantes con camas de longitud 1.60 cm, contorno 1 m^2 ancho, profundidad de 25 cm y de 40 cm para separación de alto, para mayor rindiendo en espacio se pueden aplicar hasta 5 pisos por estante y se añade el compost de forma uniforme, en esta práctica se hace uso de cuartos que no reciban luz solar directa para su correcto desarrollo y crecimiento

Sistema holandés: Conocido como sistema de bandejas, para su control hace uso de la tecnología y emplea sistemas computarizados, permite armar las bandejas para la siembra después de la esterilización del compost. Una vez realizada la recolección completa de los hongos comestibles se esterilizan las bandejas y el local donde se desarrolla el cultivo, para volver a hacer uso de ellos (Toovey, 1987). Es costoso, pero son más prácticos, permiten estudiar las diferentes variedades de hongos, también llevar un cultivo con control estricto de mayor facilidad, los resultados son precisos y sin variación significativa de un lote ante otro lote, tanto en tamaño como tiempo de cosecha.

Sistema francés: Conocido como sistema de "bolsa de plástico", es práctico, ajustable a diferentes niveles de inversión (Quintard et al., 1977). Una vez preparado el compost, se llena en las bolsas transparentes de plástico (polietileno o polipapel) con medida de 40 x 60 cm, cabe resaltar que las medidas pueden cambiar de acuerdo al requerimiento de cada cuarto de cultivo, el peso no debe sobrepasar los 15 kg por bolsa llena. La semilla del hongo se añade y se riega por toda la bolsa con movimientos o también se añade una capa de compost y una capa de semilla, y se deja reposar durante 8 a 14 días en oscuridad, y aparecen los primordios en el cultivo de hongos *Plourotus* con un objeto corto punzante debidamente esterilizado se realiza agujeros (en la bolsa), frente de cada primordio o se efectúa cortes de forma vertical alrededor de la funda, esto permite la salida del hongo para su correcta formación del cuerpo fructífero y la entrada de oxigeno ventilando el cultivo pueden ser colgadas en forma de columna ordenadamente de acuerdo

al peso y tamaño, mientras tanto para hongos de genero *Agaricus* una vez llena la bolsa con compost se inocula la semilla solamente por la parte superior o encima del compost, transcurrido el tiempo de reposo en oscuridad se añade una cobertura de compost, y se espera hasta el cultivo. También es más económico y permite emplearse en lugares de muy poco espacio.

Entre los cuales los más utilizados son: el sistema americano en el que se coloca el compost en bases de camas de maderas empleado para cultivos de *Agaricus* denominados comúnmente como champiñones por estructura propia y forma de reproducción del hongo, el sistema francés conocido por una forma práctica de reducir espacios de cultivo con la utilización de fundas en el cultivo es mayormente aplicado en hongos *Pleurotos* conocidos comúnmente como ostras, permite emplear diferentes sustratos presentes en la localidad tanto residuos agropecuarios, agroindustriales y forestales, son factibles, estos pueden fácilmente ser empleados ante un previo tratamiento, acoplándose de manera práctica a los requerimientos del hongo a cultivar. Para un buen desarrollo se toman en cuenta factores como: temperatura de 20 a 24 °C, pH del suelo entre 6,5 a 6,8, humedad relativa media del 80%, cultivar el micelio en la oscuridad y aireación constante, las primeras cosechas se pueden dar aproximadamente entre los días 19 a 33 y ciclos de cosecha de 2 a 4, cabe resaltar que va en dependencia del hongo a cultivar debido a que poseen diferentes características físicas, biológicas, tamaño de sustrato, modo de vida, tamaño de hongo, siendo eficiente, de fácil acceso, permiten minimizar costos de producción y amigable con el medio ambiente.

Las especies más utilizadas son Agaricus (*A. bisporus, A. blazei),* lentino (*L.edodes*), Pleuroto (*Pleurotus ostreatus*), Ganoderma, Huitlacoche (U. *Maydis),* de las cuales son mayor cultivadas: Agaricus (*A. bisporus, A. blazei)* por medio del sistema americano *y* Pleuroto (*Pleurotus ostreatus*) empleando el sistema francés con excelentes resultados.

4.2 Propiedades nutricionales de los hongos comestibles

La composición nutricional de los hongos puede variar dentro de la misma especie, por la variedad, sustrato, técnicas de cultivo, madurez de la cosecha, etapas de desarrollo del hongo y frescura de la muestra, poseen alto contenido de proteínas aproximadamente de

24 a 48%, carbohidratos un 60% (D-glucanas, quitína y sustancias pécticas), minerales entre 6 a 11% según la especie de hongo, en mayor cantidad son: calcio, potasio, el fosforo, magnesio, zinc y cobre, vitaminas: riboflavina (B12), niacina (B3), ácido ascórbico (vitamina C), vitamina D y folatos (B9) y a su bajo contenido en lípidos entre el 2 al 8% entre los cuales el ácido linolenico (Cano y Romero, 2016), se convierte en un alimento muy útil en las dietas vegetarianas, se debe hacer énfasis en que los hongos ante las verduras poseen mayor proteína y también beneficios para la salud humana por el contenido de diferentes compuestos bioactivos (Barros et al., 2008).

4.3 Aplicaciones agroindustriales de los hongos comestibles

En la actualidad la creciente preocupación por llevar una alimentación y salud balanceada, permite la aparición de nuevos productos con valor agregado, dando paso a los alimentos funcionales, van en creciente y presenta un mercado que aún no es abastecido. Los diversos beneficios de los hongos para los humanos con las palabras del padre de la medicina, Hipócrates “Deja que la comida sea tu medicina y la medicina sea tu comida”, permite a la industria alimentaria incluir a los hongos como alimentos funcionales debido a las propiedades saludables, respaldadas por rigurosos estudios científicos, en los que incluyen además de su efecto nutritivo, reduce el riesgo de enfermedad o lo mejora beneficiosamente a más funciones del organismo (Ramírez 2009).

Desde los tiempos de antigüedad se ha usado los hongos de forma silvestre por lo general en comunidades por su variedad en colores, propiedad alucinógena, por ser un alimento, existiendo de cierta manera desconocimiento de su gran potencial más sin embargo, el hongo comestible por su composición es fácilmente una materia prima que permite una variedad en productos agroindustriales: hongos surtidos, hongos comestibles desecados, sémola de hongos, polvo de hongos, hongos encurtidos, hongos salados, hongos fermentados, hongos congelados, extracto de hongos, concentrado de hongos, hongos esterilizados, hongos en aceite de oliva y otros aceites vegetales, tortas o panes de *fungus mycelium*, hongos frescos (según su forma de presentación pueden ser: enteros con sus pies, sombreretes enteros “botones” sin pies, en lonjas, trozos y pies), salsas, nuggets. Los hongos comestibles son denominados un sustituto de la carne.

Conclusiones

- En el Ecuador los hongos que mejor se adaptan a las condiciones climáticas son: el *Agaricus* (champiñón) en la región sierra empleando el sistema de producción americano y en la región costa y amazonia el hongo *Pleorotuos* (ostras rosado, blanco y gris) por medio del sistema de producción francés por que permiten ocupar menos espacio y son más económicos.
- De las diferentes especies estudiadas los hongos *Agaricus bisporus* (champiñones comun) y *Pleurotus djammor* (hongos ostra rosado) son los que poseen mayor cantidad nutricional, con mayor cantidad de carbohidratos (D-glucanas, quitína y sustancias pécticas), proteína se encuentra presente glutamato, asparto y alanina, minerales entre ellos calcio, hierro, potasio, el fosforo, magnesio zinc, selenio, cobre con potencial preventivo del cáncer y control de anemia, vitaminas: riboflavina (B12), niacina (B3) y folatos (B9), tiamina (B1), piridoxina (B6), el ácido ascórbico (C), vitamina E, mismas que favorece el sistema inmunitario y a su bajo contenido en lípidos (ácidos poliinsaturados) entre el 2 al 6% entre los cuales ácido linolenico, para control de diabetes, colesterol y presión sanguínea, se emplea el consumo directo para mayor absorción de sus nutrientes.
- Dependiendo de la gran diversidad y riqueza nutricional de hongo *Agaricus* (champiñones) y *Ploreurotus* (ostra rosado, gris, blanco), por su estructura, sabor suave, permiten explotar y emplearse en las diferentes sub-áreas agroindustriales (cárnicas, lácteas, suplementos alimenticios y repostería o pastelería), obteniendo productos con efectos benéficos en la salud.

Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación de sistema de producción de hongos comestibles del sistema americano para la variedad *Agaricus* (champiñones) en la sierra y sistema francés la variedad *Plourotus* (ostra blanco gris, rosado) en la costa y amazonía, por ocupar menos espacio, mayor producción, económicos y adaptables a nuestras zonas por el clima y humedad. Más sin embargo se pueden realizar cultivos de las diferentes especies de hongos comestibles en cada región del país controlando parámetros para su crecimiento.

- Se recomienda el consumo de hongos comestibles, como alimento directo en especial la variedad de *Agaricus* (champiñones) debido a que poseen mayor cantidad de aminoácidos esenciales ante otras variedades que complementan los requerimientos del organismo humano, las mismas que puede atribuir propiedades para estimular el sistema inmunológico, disminuye el colesterol y el azúcar en la sangre en preferencia se emplea el consumo para personas diabéticas y con problemas cardíacos.
- Utilizar el potencial antioxidante de extractos de hongos comestibles como aditivo ante procesos oxidativos, mismos que deterioran algunas propiedades organolépticas en productos cárnicos, con el fin de alargar la vida útil por medio de un antioxidante natural, siendo una alternativa ante los aditivos artificiales.

REFERENCIAS

AFINET, D. 2019. «La myciculture-culture des champignons». 2.

Antón, Almudena, y Jesus Lizaro. 2001. «Hongos y micotoxinas».

Barbado, José. 2003. *Hongos Comestibles*. Editorial Albatros.

Barrios, Brenda, Lilia Moreno, y José Sánchez. 2009. «Composteo en cajones de madera como pretratamiento del sustrato para cultivar Pleurotus ostreatus». 5.

Barros, Lillian, Telma Cruz, Paula Baptista, Letícia M. Estevinho, y Isabel C. F. R. Ferreira. 2008. «Wild and Commercial Mushrooms as Source of Nutrients and Nutraceuticals». *Food and Chemical Toxicology* 46(8):2742-47. doi: 10.1016/j.fct.2008.04.030.

Barros, L. Baptista, D. Correia, S. Casal, B. Oliveira, y I. Ferreira. 2007. «Fatty Acid and Sugar Compositions, and Nutritional Value of Five Wild Edible Mushrooms from Northeast Portugal». *Food Chemistry* 105(1):140-45. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.03.052.

Benavides, Olga, Érika Cabrera, Érika Viviana Villota, y David Perdomo. 2015. «Ácidos grasos del hongo funcional pleurotus ostreatus cultivado en residuos sólidos agroindustriales». *Producción + Limpia* 10(1):73-81. doi: 10.22507/pml.v10n1a6.

Bermúdez, Rosa, Nora García, Migdalia Serrano, Maritza Rodríguez, y Irene Mustelier. 2014. «Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido». *Tecnología Química* 34(3):263-74.

Bermúdez, Rosa, Humberto Morris, Carlos Donoso, Clara Martínez, y Edgar Ramos. 2003. «Influencia de la luz en calidad proteica de Pleurotus ostreatus var. florida». *Centro de Estudios de Biotecnología Industrial* 226-31.

Boa, Eric. 2005. «Los hongos silvestre comestibles». *FAO* 170. Roma.

Buendía, Julio, María Álvarez, Natalia Mateo, Víctor Muñóz, y Ranferi Maldonado. 2020. «Modelo logístico de la dinámica del crecimiento micelial del hongo 'Totolcozcatl' en medios de cultivo». *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(1):33-34. doi: 10.29312/remexca.v11i1.2211.

Caicedo, Elvia, y María Pazmiño. 2015. «Estudio de factibilidad para la ceación de una microempresa de producción y comercialización de champiñones en la provincia del Carchi».

Calderón, Jesús, y Edwin Gallegos. 2016. «Plan de marketng para la comercialización de champiñones de la empresa champinatural en la cuidad de Ibarra».

Camilo, Juan, Celina Torres, y Jaime Díaz. 2013. «Efecto de dos campos magnéticos sobre el crecimiento micelial y propiedades sensoriales del hongo Pleurotus ostreatus». 7(1):89-97.

Cano, Araceli, y Leticia Romero. 2016. «Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres». *Revista chilena de nutrición* 43(1):75-80. doi: 10.4067/S0717-75182016000100011.

Carranza, María del Carmen, Gisselle Luzuriaga, y Marco Mejía. 2005. «Proyecto de producción y eplotación de hongos ostra orgánicos al mercado auropeo».

Carreño, Santa, Silvia Cappello, Rigoberto Gaitán, Joaquín Cifuentes, y Edmundo Rosique. 2014. «Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas». 5(8):12.

Cordero, Miguel. 2017. «Producción y comercialización de champiñones gourmet».

Corrales, María. 2019. «Nutrientes que necesita nuestro cuerpo para mantenernos saludables». Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

De León, Javier, y Aracelly Vega. 2020. «Producción artesanal de hongos comestibles (Pleurotus sp.) como alternativa alimentaria durante la pandemia por covid-19 en Panamá». *Centro de investigación recursos naturales (CIRN) UNACHI* 11.

Di, Carolina, Sonia Farenzena, Rodriguez María, y Liliana Albertengo. 2015. «Chemical composition and nutritional value of Argentine commercial edible mushrooms». *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 10. doi: 10.1007/s00003-015-0937-9.

Firenzuoli, F., L. Gori, y G. Lombardo. 2007. «The medicinal mushroom Agaricus blazei Murrill: Review of literature and Pharmaco-Toxicological Problems». *The medicinal mushroom blazei Murrill* 5:14.

Flores, Lisbeth. 2018. «Producción y secado de hongos comestibles (Pleurotus ostreatus) utilizando como sustrato los desechos de la cascarac de maní (Arachis hypogaea Lineau)». Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Francisco, Fernandez. 2005. «Manual práctico de producción comercial de champiñón».

Freire, Henry, y Wasington Vásquez. 2015. «Propuesta de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de champiñones en la ciudad de Cuenca». Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Gaitán, Rigoberto, Dulce Salmones, Pérez Rosalía, y Gerardo Mata. 2004. *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Xalapa, Ver.: Instituto de Ecología.

Gamiño, Zeferino, Mayela Bautista, Carlos Garcia, y Ernesto Camarena. 2016. «Congelación Criogénica de Enchiladas Potosinas Elaboradas con Setas (Pleurotus ostreatus)». 9.

Garcia, Adelaida, Natalia Velez, Santiago Ruiz, Juan Serna, y Ernesto Suarez. 2006. «Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles». 2(2):15-20.

Golzalbo, Pilar. 2021. «El hombre y sus necesidades. I.» *El colegio de México* 224.

Gómez, Juan, Guillermo Correa, y Rolando Barahona. 2014. «Evaluación del residuo del cultivo de Agaricus bisporus como alimento de vacas lecheras en lactancia media». 2:7332-7234.

Gómez, Liliana, Niña del Rocio Martinez, Irma Enríquez, Fortunato Garza, Jesús Nájera, y Miroslava Quiñones. 2019. «Análisis proximal y de composición mineral de cuatro especies de hongos ectomicorrízico silvestres de la Sierra Tarahumara de Chihuahua». *Universidad Nacional Autonoma de México* 10. doi: 10.22201/fesz.23958723e.2019.0.184.

González, Laura, Alfredo Téllez, José Sampredro, y Hugo Nájera. 2007. «Las proteínas en la nutrición». *medigraphic* 8(2):7.

González, Ramiro, Débora Figlás, Pablo Postemsky, y Néstor Curvetto. 2011. «Hongos comestibles y medicinales». *Centro de recursos naturales renovables de la zona* 20(120):8-15.

Guzmán, G. 2008. «Diversity and use of traditional Mexican medicinal fingi. Areview. Internaational.» 209-17.

Heredia, Carmen. 2010. «Utilización de residuos de brócoli (Brassica olerácea itálica), coliflor (Brassica olerácea botrytis) generados en la empresa Provefrut S.S. para la producción de setas pleurotus».

Huamán, María, Reynaldo Silva, Karen Hurtado, Noemí Bravo, y Alex Silva. 2016. «Caracterización sensorial de salsa a base de hongos (Pleurotus ostreatus) mediante la técnica Perfil Flash». *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 16.

Inca, Renato. 2019. «“Revalorización de los Subproductos de la Industria de Hongos y Setas Comestibles. Aplicación a la obtención de productos de alto valor añadido.”» Universidad De Sevilla, Sevilla.

INEN. 1996. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1338, Carne y productos cárnicos salchichas requisitos*.

INEN. 2011. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2587. Alimentos funcionales*.

INEN. 2013. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2719. Norma general para los hongos comestibles y sus productos (CODEX STAN 38.1981, MOD).*

INEN. 2013. *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 082 «Salsa y Aderezos»*.

Ipiales, Alex. 2018. «Estudio del comportamiento de la mezcla de champiñón blanco Agaricus bisporus y avena para el desarrollo de un nugget vegetal».

Jiménez, Mario, Jesús Pérez, Juan Almaraz, y Margarita Torres. 2013. «Hongos silvestres con potencial nutricional, medicinal y biotecnológico comercializados en Valles Centrales, Oaxaca.» *Microbiología y Edafología* 4:199-213.

Lema, Mario. 2010. «Elaboración de salchicha vienesa con la utilización de diferentes niveles de glutamato monosódico (0.2, 0.4, 0.6%) como potenciador de sabor». Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Loor, Byron. 2008. «Estudio de factibilidad para la industrialización de hongos comestibles en la provincia del Guayas». Tesis, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

López, Carlos. 2007. «La produccion de hongos comestibles». Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Martínez, D., A. Larqué, M. Aliphat, A. Aguilar, y M. Bonilla. 2000. «La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México». 12.

Martínez, Daniel, Mercedes Sobal, Porfirio Morales, Wilfrido Martínez, Marco Martínez, y Yésica Mayett. 2004. «Los hongos comestibles: propiedades nutricionales medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana» Texcoco, México: Colegio de Posgraduados.doi:970-9752-00-6.

Martinez, Iván. 2001. «Carbohidratos y salud humana».

Martínez, Javier. 2019. *Gía de mano Cesta y Setas.*

Martínez, Javier. 2021. «Champiñones amarrilleantes. Unas especies tóxicas peligrosas para aficionados inexpertos».

Martínez, O., y E. Martinez. 2006. «Proteínas y péptidos en nutrición enteral». *Nutr. Hosp.* 1(2):14.

Mercant, J. 2010. «Aportación a la historia de la farmacoterapia urológica». *Actas Urológicas Españolas* 35(2):99-106. doi: 10.1016/j.acuro.2010.11.012.

Miles, P., y S. Chang. 1999. *Biologia de las setas. Fundamentos básicos y acontesimientos actuales.* Worl Scientific. Santafé de Bogota.

Monroy, Paulina. 2004. *Introduccion a la Gastronomia*. Limusa Noriega Editores. México: Editorial Limusa.

Nieto, Jessica, Ángel Cuzcano, y Walter Reyes. 2019. «Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo Pleurotus ostreatus cultivado en pulpa de café». *Revista de la Sociedad Química del Perú* 85(4):422-31. doi: 10.37761/rsqp.v85i4.256.

Ochsner, Rosmerie. 2019. «El hongo del pino (suillus luteus) como alternativa proteica para cubrir deficiencias nutricionales en infantes menores de 6 años que habitan hogares con inseguridad alimentaria en la comunidad indígena de Guayama grande, parroquia de Chugchilan».

Pardo, Arturo, Diego Cunha, y José Pardo. 2010. «Utilización de compost agotado de champiñón como capa de coberturas en nuevos ciclos de producción». *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45(10):8. doi: 10.1590/S0100-204X2010001000016.

Pérez, Jesús, Armando Lorenzana, Violeta Carrasco, y Angelica Yescas. 2009. *Los hongos comestibles silvestres: del Parque Nacional Iztapopo, Zoquiapan y Anexos*. Montecillo, Texcoco, México: Colegio de Posgraduados.

Pinos, Kattia. 2020. «Aprovechamiento de hongos (Pleurotus ostreatus) en la degradación lignocelulósica de residuos de cosecha para la obtención de abono orgánico en la zona de Mocache». Tesis, Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Mocache- Los Ríos-Ecuador.

Piña, Ana, Diego Nieto, y Fabián Robles. 2017. «Utilización de Residuos Agrícolas Y Agroindustriales En El Cultivo Y Producción Del Hongo Comestible (Pleurotus spp.)». *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32(0):141-51. doi: 10.20937/RICA.2016.32.05.10.

Quintard, A., G. D´Hardemare, y A. Sarrazin. 1977. *Champiñones: técnicas para su cultivo en sacos plásticos*. Chile: [s.n.].

Quintero, Johan. 2014. «Lipidos: caracteristicas principales y su metabolismo». 41:2142-45.

Ramírez, Ana. 2009. «Estudio De Las Propiedades Bioactivas De Hongos Comestibles Para El Diseño De Productos Cárnicos Funcionales». Tesis, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

Ramírez, Luz, y Ángela Arango. 2017. «Macrocimientos: generalidades, desinfección y cultivo in vitro». *Microciencia* 6:105-18. doi: 10.18041/2323-0320/microciencia.0.2017.3664.

Ramírez, Wilder, Carlos Alberto Guevara Bravo, y Jhon Alexander Rodríguez Espinosa. 2021. «Ácidos ganodéricos en Ganoderma sp, Ganoderma lucidum y en su sustrato agotado». *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 19(1):206-16. doi: 10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1743.

Rios, Ladislao, y Dulce Ruiz. 1993. «Aislamiento y cultivo del hongo comestible Pleurotus afin ostreatus (jacq. ex Fr) Kumm en Tingo Maria». *Folia Amazónica* 5(1-2):4-12. doi: 10.24841/fa.v5i1-2.217.

Ríos, Yuly. 2015. «Características nutricionales y gastronómicas de diversas setas de Castilla y León».

Rivadeneira, María. 2009. «Desarrollo de un aderezo a base de champiñones y especias secas y estudio de su tratamiento térmico».

Rodriguez, Nelson, Martha Araque, y Francenid Perdomo. 2006. «Preparación de sustratopara hongos comestibles y medicinales».

Rodríguez, Nelson, Martha Araque, y Francenid Perdomo. 2006. «Producción de los hongos comestibles orellanas y shiitake».

Rodríguez, Nelson, y Carmenza Jaramillo. 2004. «Cultivo de hongos comestibles del género Pleurotus sobre residuos agricolas de la zona cafetera».

Romero, Leticia, y Araceli Cano. 2016. «Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres». *Revista chilena de nutrición* 43(1):75-80. doi: 10.4067/S0717-75182016000100011.

Romero, Omar, Marco Martínez, Miguel A. Damián Damián, Benito Ramírez, y J. López. 2015. «Producción del hongo Shiitake (Lentinula edodes Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales». *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(6):1229-38. doi: 10.29312/remexca.v6i6.569.

Romero, Omar, Marco Martinez, Damian Miguel, Benito Ramírez, y Francisco López. 2015. «Producción del hongo Shiitake (Lentinula edodes Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales». 6(6):1229-38.

Ruilova, M., A. Hernández, R. Díaz, y Zulay Niño. 2016. «Desarrollo de una formulación de salchicha saludable empleando al homgo Pleurotus ostreatus como sustituto de carne de cerdo». *Re* Revista de investigación alentos(1):6.

Ruilova, Maria, Omar Martiínez, Walter Reyes, y Fernando Cobos. 2020. «Evaluación de la productividad del hongo Pleurotus ostreatus cultivado por fermentación sólida, en residuos agrícolas típicos de la provincia Bolívar-Ecuador». diciembre 28, 254-56.

Sabulal, Baby, Anil Johnson, y Balaji Govindan. 2015. «Secondary metabolites from Ganoderma. Phytochemistry». 114(3):66-101.

Salas de la Torre, N., D. Bazán, A. Osorio, O. Cornejo, L. Reyna, M. Garcia, y H. Carhuancho. 2003. «Procesamiento térmico de Agaricus bisporus y control de sus variables». 5(2):34-38.

Salas de la Torre, N., D. Bazán, O. Osorio, E. Cornejo, y E. Carrero. 2003. «Deshidratación de hongos comestibles (Pleurotus ostreatus)». 6(1):55-59.

Sánchez, José, y Gerardo Mata. 2012. *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica*. México: El Colegio de la Frontera Sur.

Santa, Dalla, L. Rubel, L. Fernandes, S. Bonatto, S. Bello, M. Monteiro, N. Khalil, O. Dalla, C. Socool, J. Gern, y C. Santos. 2010. «Agaricus brasiliensis-enriched functional product promotes in mice in increase in HDL levels and inmunodule to Th1 CD4-T subsets A. brasiliensis functional product and biological benefits. Current Trends in Biotechonology and Pharmacy.» 4(4):957-70.

Sarmiento, Elia, y Gustavo Fontecha. 2013. «Conocimiento tradicional de los hongos en el occidente Honduras». 13:19-29.

Sierra, Sigfrido. 2021. *Los hongos comestibles y su cultivo*.

Silva, Ricardo, Consuelo Fritz, Juan Cubillos, y Matías Díaz. 2010. «Manual Para La Producción De Hongos Comestibles (Shiitake)».

Soler, C., S. Jolivet, N. Arpin, J. Olivier, y H. Wichers. 1999. «Biochemical and physiological aspects of brown blotch disease of Agaricus bisporus». *FEMS Microbiology Reviews* 23(5):591-614. doi: 10.1111/j.1574-6976.1999.tb00415.x.

Suárez, Carolina, y Ivonne Nieto. 2013. «Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en obtención de nutracéuticos». 30(1):8.

Toledo, María. 2008. «Residuos de Maíz y quínua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles Pleurotus ostreatus».

Toovey, F. 1987. *Cultivo de champiñón.* 2.ª ed. Editorial Acribia, S.A.

UNICEF. 2018. «Desnutrición crónica infantil». *Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia*, 6.

Valencia, Nelson, Martha Araque, y Francenid Perdomo. 2006. «Producción De Los Hongos Comestibles Orellanas Y Shiitake». 33.

Vallejo, María. 2012. «La desnutrición infantil».

Valverde, María, Talía Hernández, y Octavio Paredes. 2015. «Hongos comestibles: mejora de la salud humana y promoción de la calidad de vida». *Hindawi corporación editorial* ID de artículo 376387:14.

Vega, Aracelly, y Heriberto Franco. 2013. «Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles Pleurotus pulmonarius RN2 y P. djamor RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos». *Información tecnológica* 24(1):69-78. doi: 10.4067/S0718-07642013000100009.

Vega, Araclly, Javier De León, y Stephany Reyes. 2021. «Hongos comestibles, alternativa de alimento funcional, para complementar la alimentación en tempo de covid-19».

Viera, Ruth. 2012. «TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON MENCIÓN EN ECONOMÍA DEL DESARROLLO». Tesis, Facultad latoniamericana de Ciencias Sociales, Ecuador.

Voncik, Katieller, Herta Dalla, Elisa Perez, y Nina Waszczynskyj. 2012. «Antioxidantes e beta-glucanas em barras de cereais com Agaricus Brasiliensis». 30(2):209-19.