UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

"ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., EN DIFERENTES SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS"

AUTOR

Ruth Estefani Cadena Tanguila

Katherine Aracely Salán Baldión

DIRECTOR

Ing. Bélgica Dolores Yaguache Camacho MS.c

PASTAZA – ECUADOR

2021

Declaratoria de Autoría y Cesión de Derechos

Quienes suscriben Ruth Estefani Cadena Tanguila con C.I. 1500853369 y Katherine Aracely Salán Baldión con C.I. 1726479510, hacen constar que son autoras del Trabajo de Integración Curricular titulado: "ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., EN DIFERENTES SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, MSc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho. En tal sentido, manifiesto 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 02 días del mes de agosto del 2021.

_____ _____

Ruth Estefani Cadena Tanguila

CI: 1500853369

Katherine Aracely Salán Baldión

CI: 1726479510

*****

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: "ANÁLISIS DOCUMENTAL DELA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., EN DIFERENTES SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS".



Dr. Julio César Muñoz R., PhD

Presidente del Tribunal

MSc. Sandra Luisa Soria Re

Miembro del Tribunal



MSc. Ricardo Ernesto Burgos Moran

Miembro del Tribunal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 209-SAU-UEA-2021

Puyo, 22 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a las estudiantes: Ruth Estefani Cadena Tanguila, con C.I. 1500853369 y Katherine Aracely Salán Baldión, con C.I 1726479510, con el Tema: **"ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm., EN DIFERENTES SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS."**, de la carrera, Ingeniaría Agropecuaria. Directora de la investigación, MSc. Yaguache Camacho Belgica Dolores, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3%, Informe generado con fecha 22 de julio de 2021 por parte de la directora 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 - .

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente Msc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho con CI: 1103457824, certifica que el Trabajo de Integración Curricular titulado: "ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., EN DIFERENTES SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS", ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 3 %.

En el cantón Pastaza, a los 21 días del mes de julio del 2021.

Fírmado electrónicamente por:
BELGICA DOLORES YAGUACHE CAMACHO

_____

Msc: Bélgica Dolores Yaguache Camacho

Directora del Trabajo de Integración Curricular

Agradecimiento

Mi eterno agradecimiento a Dios el autor de mi vida por concederme fortaleza y consuelo para nunca darme por vencida y cumplir uno de mis tan anhelados deseos.

Agradezco con todo el corazón a mi familia ya que han sido de bendición para mi vida cada vez que quería rendirme, incontables veces limpiaron mis lágrimas, sus cálidos gestos me abrigaron y me dieron fuerza en los días difíciles. Gracias por animarme siempre.

Agradezco inmensamente a la Universidad Estatal Amazónica, especialmente al Departamento de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por haberme acogido en sus aulas y enriquecerme en conocimiento.

Finalmente quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutora de tesis MSc. Bélgica Yaguache, quien con su apoyo y dirección permitió el desarrollo de este trabajo.

Ruth Estefani Cadena Tanguila

Quiero expresar mi más sincera gratitud y amor a Dios ya que me ha permitido llegar hasta el día de hoy sana y con la presencia de mis padres, los cuales con todo su esfuerzo me han brindado bienestar a lo largo de mi vida, los amo con el alma.

También quiero agradecer a mi tutora de tesis, MSc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho ya que a través de su capacidad como docente ha podido ser la mejor guía para el presente trabajo, además, agradezco la compañía y respaldo de mi compañera Ruth Cadena ya que sin ella este logro no hubiera podido ser el mismo.

Finalmente agradezco a la querida Universidad Estatal Amazónica por permitirme formar parte de sus aulas donde a través de los docentes pude adquirir valiosa información para formarme como profesional.

Katherine Aracely Salán Baldión

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado con todo mi amor y afecto a papá y mamá, pues son el pilar fundamental de mi vida, me enseñaron que con esfuerzo, dedicación y trabajo duro podría cumplir todas las metas que me proponga. Este gran logro es para ustedes, los amo.

Ruth Estefani Cadena Tanguila

El presente documento va dirigido a mis padres, abuelos, hermanos, enamorado y amigos, quienes me apoyaron incondicionalmente y esperaron pacientemente verme cumplir esta gran meta, a todos ustedes les dedico mi esfuerzo con mucho cariño y agradecimiento ya que sin ustedes el camino no hubiera podido ser el mismo.

Katherine Aracely Salán Baldión

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito analizar documentalmente la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., cultivado en tres sustratos lignocelulósicos diferentes (bagazo de caña, pulpa de café y aserrín). El tema responde a la necesidad de información que sustente con argumentos científicos teóricos, el comportamiento y rentabilidad que se puede alcanzar en el cultivo sobre diferentes sustratos lignocelulósicos. El método de investigación utilizado es de tipo no experimental, exploratorio y documental, que permitió sistematizar, comparar y sintetizar los principales resultados con respecto a las variables relacionadas con respuesta morfofisiológico, rendimiento productivo y eficiencia económica del cultivo del hongo. Mediante el análisis bibliográfico se determinó que la mejor producción del hongo ostra en cuanto a morfofisiologías fue presentado por pulpa de café ya que demostró mayor precocidad en días a la colonización del sustrato (10 días), aparición de primordios (18 días desde la siembra), mayor cantidad de talos (148 talos/cosecha), longitud de talo (4.86 cm) y diámetro del carpóforo (10.10 cm). En cuanto al rendimiento productivo, la pulpa de café presentó los resultados más eficientes a comparación del resto de sustratos evaluados, ya que expresó la mejor precocidad en días a la primera cosecha (17 días luego de la siembra), mayor cantidad de setas frescas expresadas en gramos (1200 g/ tres cosechas) recalcando que este fue el único sustrato que presentó hasta 4 cosechas/bolsa, buena eficiencia biológica de 204.4 % y un rendimiento de 58.7 %. Por último se pudo estimar que la mejor eficiencia económica fue obtenida por la pulpa de café ya que presento la más alta relación beneficio/costo de 2.81, cada kilogramo estuvo por los USD 6 y el costo de producir por kilogramo fue de USD 2.13.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, sustrato, morfofisiología, rendimiento, rentabilidad

Abstract

The purpose of this work was to analyze the production of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., cultivated on three different lignocellulosic substrates (sugarcane bagasse, coffee pulp and sawdust). The topic responds to the need for information that supports with theoretical scientific arguments, the behavior and profitability that can be achieved in the cultivation on different lignocellulosic substrates. The research method used is non-experimental, exploratory and documentary, which allowed systematizing, comparing and synthesizing the main results with respect to the variables related to morphophysiological response, productive yield and economic efficiency of mushroom cultivation. Through the bibliographic analysis it was determined that the best production of the oyster mushroom in terms of morphophysiology was presented by coffee pulp, since it showed greater precocity in days to the colonization of the substrate (10 days), appearance of primordia (18 days from planting), greater quantity of thalli (148 thalli/harvest), length of thallus (4.86 cm) and diameter of the carpophore (10.10 cm). In terms of productive yield, coffee pulp showed the most efficient results compared to the rest of the substrates evaluated, since it expressed the best earliness in days to the first harvest (17 days after sowing), the greatest quantity of fresh mushrooms expressed in grams (1200 g/three harvests), emphasizing that this was the only substrate that presented up to 4 harvests/bag, good biological efficiency of 204.4 % and a yield of 58.7 %. Finally, it was possible to estimate that the best economic efficiency was obtained by coffee pulp, since it presented the highest benefit/cost ratio of 2.81, each kilogram was around USD 6 and the cost of production per kilogram was USD 2.13.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, substrate, morphophysiology , yield , profitability

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 13

1.1. JUSTIFICACIÓN 14

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.3. OBJETIVOS 17

1.3.1. Objetivo general *17*

1.3.2. Objetivos específicos *17*

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 18

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HONGO OSTRA (*PLEUROTUS OSTREATUS*) 18

2.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y PRODUCCIÓN MUNDIAL 19

2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA 19

2.4. MORFOLOGÍA 20

2.5. CICLO REPRODUCTIVO 21

2.6. PROPIEDADES NUTRICIONALES 22

2.7. PROPIEDADES MEDICINALES 24

2.8. SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS 24

2.8.1. Bagazo de caña *25*

2.8.2. Pulpa de café *27*

2.8.3. Aserrín *28*

2.9. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS SUSTRATOS 30

2.10. ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL CULTIVO DE *PLEUROTUS* 30

2.10.1. Preparación de la semilla en grano (SPAWN) *31*

2.10.2. Pasteurización del sustrato *31*

2.11. DESARROLLO DEL HONGO 32

2.11.1. Formación de primordios *32*

2.11.2. Desarrollo de cuerpos fructíferos *32*

2.11.3. Cosecha *32*

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 34

3.1. TIPO O DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 34

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 34

3.2.1. Método exploratorio *35*

CAPÍTULO 4. RESULTADOS 39
4.1. HALLAZGOS PREVIOS DE LA LITERATURA ANALIZADA EN CUANTO A LA PRODUCCIÓN DE *P. OSTREATUS* SOBRE TRES SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS 39
4.2. RESPUESTA MORFOFISIOLÓGICA DE *P. OSTREATUS* EN PULPA DE CAFÉ, BAGAZO DE CAÑA Y ASERRÍN 42
4.2.1. Número de talos (n) *42*
4.2.2. Longitud del talo (cm). *45*
4.2.3. Diámetro del carpóforo (cm). *46*
4.2.4. Color y textura del carpóforo (a) *49*
4.2.5. Días y porcentaje a la colonización en sustrato (n/%). *50*
4.2.6. Días al aparecimiento de los cuerpos fructíferos del hongo (n) *54*
4.2.7. Días a la cosecha (n). *56*
4.3. RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE *P. OSTREATUS* CULTIVADO DE FORMA INDEPENDIENTE EN LOS SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS: BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, PULPA DE CAFÉ Y ASERRÍN 59
4.3.1. Rendimiento de P. ostreatus (Kg/unidad de producción) *60*
4.3.2. Eficiencia biológica de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos *62*
4.3.3. Rendimiento Biológico (%) Peso hongo/peso sustrato fresco *66*
4.4. SUSTRATO LIGNOCELULÓSICO ECONÓMICAMENTE MÁS EFICIENTE PARA LA PRODUCCIÓN DE *P. OSTREATUS* 69
4.4.1. Precio del producto (USD/kg), costos de producción (USD/kg) y Relación B/C (a) *69*
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72
5.1. CONCLUSIONES 72
5.2. RECOMENDACIONES 73
6. REFERENCIAS 74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cuerpos fructíferos *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra). 18
Tomado de "Manual Del cultivador de hongo Ostra," por el proyecto MushWorld (libre de pobreza), 2005 18
Figura 2. Partes básicas del hongo ostra (*P. ostreatus*). 20
Tomado de "Guías técnicas agrícolas," por ResearchGate, 2014. 20
Figura 3. Ciclo de vida de un hongo basidiomiceto..... 21
Tomado de "Una alternativa de diversificación productiva para los valles Patagónicos," por Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 2014..... 21
Figura 4. Condiciones ambientales favorables para los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*.
Tomado de "Condiciones ambientales para el aparecimiento de cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*," por Dspace.espoch, 2008..... 22
Figura 5. Partes del fruto del grano de café. 28
Tomado de "Estructura del grano de café," por CoffeMedia, 2017. 28
Figura 6. Etapas del método exploratorio para la búsqueda de información..... 35
Elaborado a partir de J Muñoz-Rengifo (comunicación personal, 02 de febrero de 2021). 35
Figura 7. Publicaciones sobre *P. ostreatus* por continente y por base de datos, que se sujetan a los criterios de selección de esta investigación, durante el periodo 2001 a 2021..... 39
Figura 8. Publicaciones por país sobre *P ostreatus*, ajustados a los criterios de selección de esta investigación, durante el periodo 2001 a 2021..... 40
Figura 9. Publicaciones anuales sobre *P. ostreatus* (recolectadas en esta investigación), durante el periodo 2001 a 2021 41
Figura 10. Publicaciones de *P. ostreatus* que aportan a cada objetivo específico de esta investigación..... 41
Figura 11. Publicaciones por país sobre las características morfofisiologícas de *P. ostreatus* (recolectados en este estudio), durante el año 2001 a 2021..... 42
Figura 12. Publicaciones por país sobre del rendimiento productivo de *P. ostreatus* (recolectados en este estudio), durante el periodo 2001 a 2021 60
Figura 13. Publicaciones por país sobre la eficiencia económica de *P. ostreatus* (recolectados en este estudio), durante el año 2001 a 2021..... 69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición Nutricional (en base seca) del hongo Pleurotus ostreatus 23
Tabla 2. Compuestos bioactivos y actividades farmacológicas de Pleurotus ostreatus 24
Tabla 3. Composición química en porciento del tallo y el jugo de la caña de azúcar 27
Tabla 4. Composición bromatológica de la pulpa de café (en base al peso seco) 28
Tabla 5. Composición proximal física y química de los residuos lignocelulósico de los árboles de canelo y laurel. 29
Tabla 6. Número de talos presentes durante la primera cosecha de P. ostreatus en tres sustratos lignocelulósicos 44
Tabla 7. Longitud del talo de P. ostreatus evaluados sobre tres sustratos lignocelulósicos 46
Tabla 8. Diámetro del carpóforo de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos 48
Tabla 9. Color y textura del carpóforo de P. ostreatus evaluados sobre tres sustratos lignocelulósicos 50
Tabla 10. Días y porcentaje a la colonización en sustrato del P. ostreatus evaluado en tres sustratos lignocelulósicos 52
Tabla 11. Aparecimiento de los cuerpos fructíferos (días) de P. ostreatus en tres sustratos lignocelulósicos 55
Tabla 12. Días a la primera cosecha de Pleurotus ostreatus, en tres sustratos lignocelulósicos 58
Tabla 13. Rendimiento de P. ostreatus (Kg/unidad de producción) en tres sustratos lignocelulósicos 62
Tabla 14. Eficiencia biológica de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos 65
Tabla 15. Rendimiento biológico de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos 68
Tabla 16. Precio, costos de producción y relación B/C del hongo ostra (P. ostreatus) en tres sustratos lignocelulósicos 71

Capítulo 1: Introducción

El cultivo de hongos comestibles como los *Pleurotus* spp., inicia a principios del siglo pasado y se ha ido extendiendo en las últimas cinco décadas, este género es más cultivado que cualquier otra especie de hongo, debido a su flexibilidad en el ambiente, a la diversidad de sustratos sobre los que se desarrolla y al beneficio que conlleva cultivar hongos para el aprovechamiento de desechos agropecuarios (Sánchez y Royse, 2001).

El hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) es un hongo para consumo humano de primera calidad, crece alimentándose de materia orgánica en condiciones naturales sobre troncos de árboles caídos y otras plantas leñosas en su fase de descomposición; el cultivo de este hongo necesita poca aireación, soporta un 32 % de CO_2 y fija nitrógeno atmosférico. Estas setas comestibles se adaptan a diferentes temperaturas (18 a 35 °C), convirtiéndolas en una interesante alternativa de cultivo. *P. ostreatus* tiene la capacidad de desarrollarse en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos como son los residuos agrícolas, los mismos que se originan de la actividad agrícola y que difícilmente tienen un tratamiento adecuado para su eliminación (Romero, Rodríguez y Pérez, 2003). Se ha visto que un 70 % de los desechos agrícolas y forestales no están siendo aprovechados en su totalidad; el hongo ostra al ser cultivado sobre estos desechos, genera grandes beneficios como transformar la biomasa lignocelulósica en alimento altamente nutricional y con excelentes beneficios para la salud humana, ya que cuenta con propiedades anti-cancerosas, anti-colesterol y anti-tumoral, son útiles contra la diabetes, úlceras, enfermedades pulmonares y es una fuente rica de vitaminas complejo B (Chang & Miles, 2004).

En la actualidad, China es el líder mundial en la producción de hongos ostra, contribuyendo con el 85 % del total de la producción mundial, seguido de otros países como Corea, Japón, Italia, Taiwán, Tailandia y Filipinas (Aguinaga, 2012); en contraste con aquellos países, la producción y comercialización de setas comestibles es una actividad parcialmente nueva en el mercado latinoamericano. En Ecuador, el desconocimiento del manejo, propiedades nutricionales y rentabilidad, hacen del cultivo de setas una actividad muy poco explotada; sin embargo, se cuenta con diversidad de climas que favorecen el desarrollo y producción del hongo ostra (Borja y Segura 2016); además, el Ecuador posee diferentes actividades productivas que generan grandes cantidades de subproductos lignocelulósicos (aserrín, bagazo de caña, pulpa de café, entre otros), que se pueden aprovechar como materia prima para biotransformación, mediante su aprovechamiento como sustrato en el cultivo de hongos comestibles.

Las ventajas del cultivo de hongo ostra son múltiples, pues al ser un cultivo sencillo, poseer un desarrollo en un periodo corto de tiempo, requerir áreas pequeñas y tecnología sencilla para su cultivo, además de la rentabilidad económica del producto, los residuos del sustrato sirven como abono orgánico, debido a que poseen alto contenido de nitrógeno, fosforo y potasio. En resumen a lo antes mencionado, el cultivo de hongo ostra es una alternativa de producción para pequeños y medianos productores del país (Ecuador), no solo por la viabilidad económica sino porque tiene un impacto positivo sobre el medio ambiente (Aguinaga, 2012); sin embargo, es necesario contar con información bibliográfica que sustente con argumentos científicos, el comportamiento del hongo en diferentes sustratos lignocelulósicos, que a su vez sirvan de fuente de consulta para el productor y que sirvan de base para futuras investigaciones. El trabajo de tipo documental presenta un análisis comparativo del comportamiento morfofisiológico, rendimiento productivo y eficiencia económica del *Pleurotus ostreatus* en tres sustratos lignocelulósicos (bagazo de caña de azúcar, pulpa de café y aserrín).

1.1. Justificación

La producción de hongos comestibles en la actualidad ha tenido gran acogida y se ha expandido por todo el mundo, debido a que forma parte de una vía económica alternativa de gran interés para los emprendedores. Esta actividad productiva ofrece entre otras ventajas, que el hongo del género *Pleurotus* sea muy versátil y se adapte a diferentes condiciones ambientales, obteniendo como resultado menores costos de producción. La cepa del género *Pleurotus ostreatus* es xilófago, y se cultiva en diversos sustratos obtenidos de los desechos agrícolas y madereros, lo que facilita la adaptabilidad a una economía regional. Los sustratos utilizados son de fácil acceso, puesto que se trata del subproducto de actividades agrícolas de la zona, tiene costos moderados y sus rendimientos son elevados (Royse, Rhodes, Ohga y Sánchez, 2016). Además, la especie *P. ostreatus* es una seta comestible con alto contenido nutricional, el cultivo es de fácil manejo, posee gran adaptabilidad, agresividad y productividad en comparación con otras setas y forma parte de los hongos más estudiados por su alta calidad y propiedades medicinales (Cortés, 2016).

Ecuador por sus condiciones de clima y suelo es un país que está dedicado a una diversidad de actividades agrícolas, siendo una buena opción el cultivo de hongos comestibles, sea en la zona interandina o costa por la abundante cantidad de residuos de actividades agrícolas que pueden ser aprovechados como materia prima, o en la región amazónica que además de la materia prima (restos de cosechas agrícolas y residuos de la

explotación maderera) también se ajusta a las condiciones ambientales (temperatura, luz y humedad) que requiere el hongo para su crecimiento y desarrollo. La explotación de *P. ostreatus* podría ayudar a la diversificación de productos agropecuarios con alto valor proteico, a través de un fácil procedimiento de biotransformación, además se generaría fuentes de empleo ya sean directas o indirectas y se aprovecharían residuos que no tienen vías de producción (Galvis y Perea, 2006)

La presente investigación tiene como objetivo analizar documentalmente la producción del hongo *P. ostreatus* cultivado en tres sustratos lignocelulósicos diferentes (Bagazo de caña de azúcar, pulpa de café y aserrín); mediante la aplicación del método de investigación exploratorio cualitativo documental, con base a información de varias fuentes científicas se pretende organizar y sistematizar información para establecer un panorama claro del comportamiento morfofisiológico, rendimiento productivo y eficiencia económica del hongo en cada sustrato; para finalmente, disponer de una información confiable que ayude al productor en la toma de decisiones, y a los investigadores a proponer nuevas líneas de investigación.

1.2. Planteamiento del Problema

En Ecuador existen pocas empresas dedicadas a la producción y comercialización del hongo ostra, las cuales en su mayoría se encuentran ubicadas en la provincia de Pichincha tales como Hortifungi y The Fungus Garden (Enríquez, 2018); además, existen registros de pequeños emprendimientos como los Hongos de Sumaco, fundado por pequeños productores de la zona como una iniciativa para el desarrollo de la comunidad en la Amazonía ecuatoriana (Muñoz, 2010). Cultivar hongos comestibles es considerado un arte y como tal, requiere técnicas de manejo integral, que inician a partir de la selección de un sustrato, elaboración de procesos de cultivo y aspectos relacionados con su producción y comercialización. Loor (2008) enunció que la producción nacional de *P. ostreatus* es muy reducida, de modo que las cantidades que están disponibles al consumidor provienen de importar alrededor del 98 % de hongos comestibles, pues la producción nacional cubre apenas un 2 % de la demanda del mercado.

Autores como Santillán y Morocho (2018) manifestaron que la baja producción del cultivo es a causa de un mal manejo en el proceso productivo, es por ello que en el caso del hongo ostra, la selección del tipo de sustrato resulta primordial, pues al tratarse de un hongo saprófito, su eficiencia biológica depende totalmente del tipo de material que se utilice como

fuente de alimento. Aguinaga (2012) reportó que bajo las mismas condiciones de cultivo (temperatura y humedad), obtuvo un rendimiento de hongo fresco de 177.1 g (con bagazo de caña de azúcar) y 71.3 g (con aserrín) a partir de 8 kg de sustrato húmedo, pues, la composición química del bagazo de caña posee cantidades aproximadas de lignina de 9.04 %, celulosa al 36.02 % y hemicelulosa al 26.63 %, mientras que el aserrín posee el 6.22 % de lignina, 26.65 % de celulosa y 18.34 % de hemicelulosa.

Los principales inconvenientes que se producen al cultivar *P. ostreatus* se deben a un déficit en el conocimiento, no solamente acerca de su producción y rendimiento, sino también, en la eficiencia y la rentabilidad que se puede alcanzar con el uso de diferentes sustratos, pues, en el país existen diversos residuos agrícolas e industriales que se pueden utilizar como material de biotransformación; sin embargo, el pequeño productor de hongo ostra al aplicar conocimientos empíricos se limitan al uso de sustratos tradicionales. Por ello, es evidente la necesidad de una fuente confiable de información científica, que ofrezca una visión clara, que permita aprovechar los residuos agrícolas para mejorar la producción de *P. ostreatus*. Actualmente, existe información técnica y experiencias realizadas por productores, emprendedores e investigadores, que debe ser analizada y adaptada al uso individual o colectivo; se considera necesario conocer el comportamiento del hongo *P. ostreatus* sobre diferentes sustratos para aprovechar las oportunidades que brinda el crecimiento y rendimiento de la especie, teniendo en cuenta a su vez, la necesidad imperativa de hacer un uso sostenido y sustentable de los recursos naturales (Ardón, 2007).

El presente trabajo de integración curricular pretende entregar a la comunidad científica y a los productores, un documento con información confiable acerca del comportamiento de las variables morfofisiológicas, de rendimiento y rentabilidad del hongo en los sustratos lignocelulósicos (bagazo de caña, pulpa de café y aserrín); se espera que la información recopilada sea útil a emprendedores en la toma de decisiones, y a investigadores en proponer nuevas líneas de investigación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Analizar documentalmente la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., cultivado en tres sustratos lignocelulósicos diferentes.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las respuestas morfofisiológicas de *Pleurotus ostreatus* en tres sustratos lignocelulósicos individuales: bagazo de caña de azúcar, pulpa de café y aserrín.
- Comparar el rendimiento productivo de *P. ostreatus* cultivado de forma independiente en los sustratos lignocelulósicos: bagazo de caña de azúcar, pulpa de café y aserrín.
- Identificar el sustrato lignocelulósico económicamente más eficiente para la producción de *P. ostreatus*.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1. Características generales del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Su nombre proviene del aspecto de su forma tipo ostra (Figura 1), usualmente es conocido como "Pleuroto en forma de concha" y "seta de chopo". Usualmente se desarrolla en grupos o piñas de gran tamaño. Este hongo puede desarrollarse tanto en un entorno natural como en un ambiente controlado, ya que puede crecer en el suelo, sobre troncos o desechos agrícolas o agroindustriales constituidos por celulosa, hemicelulosa y lignina en 40 a 60 %, 15 a 50 %, y 10 a 30 %, respectivamente; estos nutrientes son degradados en condiciones ambientales húmedas y frías (Monterroso, 2007).



Figura 1. Cuerpos fructíferos *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra).

Tomado de "Manual Del cultivador de hongo Ostra," por el proyecto MushWorld (libre de pobreza), 2005

P. ostreatus es un hongo saprófito que descompone la madera, se encuentra distribuido en Europa, América, Norte de África y Asia, Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OCED, 2005). Se desarrolla preferentemente en climas lluviosos cuya humedad oscila entre el 60 y 75 % (Quizhpilema, 2013), y su temperatura ambiente no es superior a 30 °C debido a que en estas temperaturas el micelio moriría, su temperatura en estado reproductivo debe mantenerse entre 10 y 20 °C, y en estado vegetativo de crecimiento necesitan una temperatura entre 16 y 30 °C (Song, 2005). Por otro lado, Varnero, Quiroz y Álvarez (2010) manifiestan que este hongo es de gran versatilidad y fácil adaptabilidad, ya que puede tolerar un extenso rango de temperaturas, es resistente a plagas y enfermedades, y puede ser cultivado sobre cualquier sustrato lignocelulósico.

2.2. Distribución geográfica y producción mundial

Las especies de *Pleurotus* tienen una amplia distribución en la naturaleza crecen principalmente como saprófitos en troncos de árboles muertos. A diferencia de las especies de *Agaricus* spp y *Volvariella* spp, que se encuentran en la categoría de cepas templadas o tropicales, las especies de *Pleurotus* se distribuyen tanto en zonas templadas como tropicales; sin embargo, son más prevalentes en los subtrópicos. Las cepas de *P. ostreatus* que fructifican alrededor de 15 °C se distribuyen en muchas partes de Europa; las cepas de la misma especie de Florida pueden fructificar a 25 °C. Especies como *P. cornucopiae, P. cystidiosus, P. eryngii, P. eous, P. flabellatus, P. fossulatus y P. ulmarius* se distribuyen en partes subtropicales del mundo y *P. tuber-regium,* que se encuentra en Nigeria (Rajarathnam, Bano & Miles, 2009).

La gran capacidad de adaptación del *Pleurotus* ofrece una enorme ventaja para su explotación como: aprovechar los desechos vegetales naturales, producción de biogás, posibles agentes para la producción de enzimas de sacarificación, etc., además de su capacidad para biotransformar los residuos lignocelulósicos en forma de cuerpos frutales (Rajarathnam et al., 2009). En la actualidad, la producción de este hongo se encuentra en segundo lugar, correspondiendo al 20 % de la producción mundial de hongos comestibles (Rodríguez, 2007). Según Rajarathnam et al. (2009) señalan que la facilidad del cultivo y los altos rendimientos lo han hecho más popular en los últimos años, siendo adoptado en muchas partes del mundo: Australia, Europa, parte de los EEUU y muchos países del Este, Taiwán y Japón lideran la producción de *Pleurotus*.

2.3. Clasificación taxonómica

Es primordial que el hongo que va a ser cultivado sea identificado exactamente desde el punto de vista taxonómico, ya que de esto dependen las técnicas que se apliquen al cultivo. Para la identificación taxonómica de hongos se debe recurrir a fuentes confiables como libros o trabajos especializados, como los de Dennis (1970). Existen muchas variedades de hongos con similares características, que fácilmente se pueden confundir entre sí y corresponden a la taxonomía propuesta por Ardón (2007); mientras que Rajarathnam et al. (2009) clasifican la taxonomía de *Pleurotus ostreatus* de la siguiente manera: reino Fungi, división Basidiomycota, clase Himenomycetes, orden Agaricales, familia Tricholomataceae, género *Pleurotus* y especie *ostreatus*.

En el mundo existen alrededor de 2 000 especies de hongos que son considerados comestibles, de los cuales apenas 80 han sido experimentalmente cultivados, y únicamente cinco a seis son producidas a escala industrial; entre los cuales se encuentra el género *Pleurotus*, basidiomiceto importante en el comercio actual del Ecuador donde se destacan las siguientes especies; *P. ostreatus, P. eryngii, P. sajor-caju, P. pulmonarius, P. sapidus, P. cornucopiae, P. djamor, P. citrinopileatus* y *P. ostreatus* (Jacquin ex Fries) Kummer, este último conocido comúnmente como hongo ostra, Hiratake y Tomogitake (Vispo, 2015). Este hongo se distribuye por casi todos los bosques tropicales del mundo, razón por la cual es motivo de estudio.

2.4. Morfología

Cruz, López de León, Pascual, y Battaglia (2011) afirman que los hongos macroscópicos poseen el mismo crecimiento en forma de hifas y micelio que los hongos microscópicos, no obstante, tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible, que se suele identificar como hongo, compuesto por alrededor de cuatro partes (Figura 2).

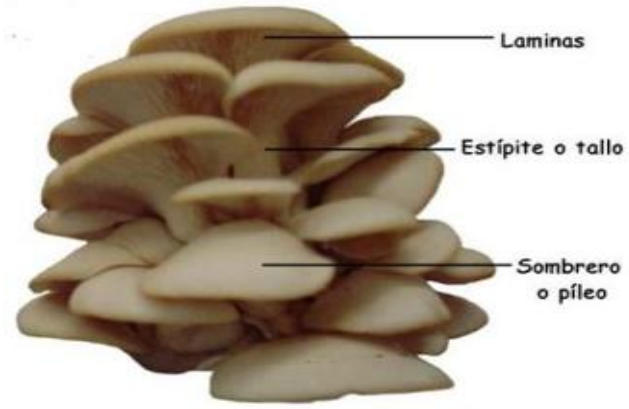


Figura 2. Partes básicas del hongo ostra (*P. ostreatus*).

Tomado de "Guías técnicas agrícolas," por ResearchGate, 2014.

A continuación, se detallan las partes del cuerpo fructífero del hongo ostra; Gaitán, Salmones, Pérez y Mata (2006) mencionaron que el píleo o sombrero del hongo ostra tiene forma de paraguas, más o menos circular, su cuerpo fructífero posee un olor fuerte y agradable. Su tamaño es proporcional a la edad del hongo, puede llegar a medir entre 5 a 15 cm de diámetro y posee diferentes colores como rosado, blanco, crema y grisáceo. Las láminas del hongo son estructuras que contienen a las esporas de la reproducción, se las puede encontrar en diferentes colores como cremas o blancas, separadas unas de otras, están

ubicadas debajo del sombrero y poseen la forma de varillas de los paraguas (Cruz et al., 2011). El pie suele ser corto y grueso de 0.5 a 3 cm de longitud y de 0.5 a 2 cm de espesor, es algo inclinado, posee cierta rigidez para sostener el sombrero, tiene laminillas en la parte de arriba y vellosidades en su base (Ardón, 2007). La carne de la fructificación es de color blanca, gruesa, con agradable olor fúngico (debido a su metabolismo intrínseco o por la descomposición, fermentación u oxidación), tierna, y de consistencia algo elástica (Milla, 2007). Sus esporas observadas a través del microscopio son elipsoidales con medidas de 8 a 11 μm por 3 a 4 μm, poseen un color que va de blanco a crema, y con texturas hialinas o lisas (Cruz et al., 2011).

2.5. Ciclo reproductivo

El ciclo de vida del *Pleurotu*s es similar a cualquier Basidiomiceto, en la naturaleza los cuerpos fructíferos del hongo producen esporas (Figura 3), que se posan en un medio adecuado (madera húmeda en descomposición, bajo sombra), germinan, se aparean para producir un micelio dicariótico que crece en sustratos naturales para producir los primordios que en condiciones climáticas adecuadas que se convertirán nuevamente en cuerpos fructíferos. En el caso del cultivo artificial de *Pleurotus* para escala comercial, se realiza un cultivo aséptico en un medio de agar de malta, para dar un crecimiento profuso del micelio. El micelio se inocula en sustratos adecuados como granos de trigo o cualquier paja de cereal que posean una humedad ideal para que se desarrolle el hongo (Rajarathnam et al., 2009).

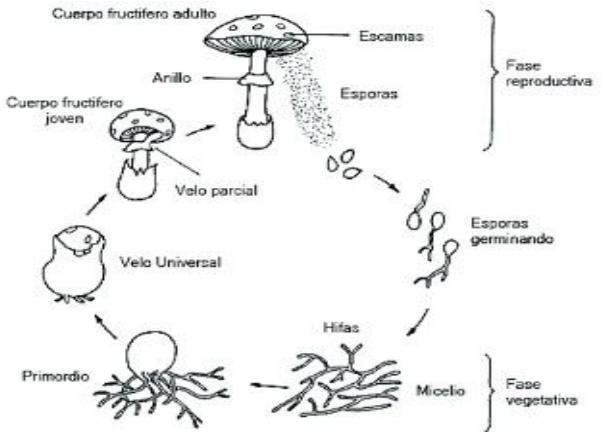


Figura 3. Ciclo de vida de un hongo basidiomiceto.

Tomado de “Una alternativa de diversificación productiva para los valles Patagónicos,” por Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 2014.

Song (2005) describió que el ciclo de vida de los hongos está clasificado en dos fases: el crecimiento vegetativo (esporas y micelio) y el crecimiento reproductivo o cuerpo fructífero.

Silvia (2005) refiere que las estructuras reproductoras (basiodiosporas) son las encargadas de realizar una función análoga y propagativa, las esporas germinan y forman hifas (micelio). Mientras que el micelio (conjunto de hifas) es el encargado de disolver componentes complejos de los sustratos en moléculas más simples para su alimentación (Song, 2005). A continuación, se detallan las condiciones para el aparecimiento de cuerpos fructíferos del hongo (Figura 4).

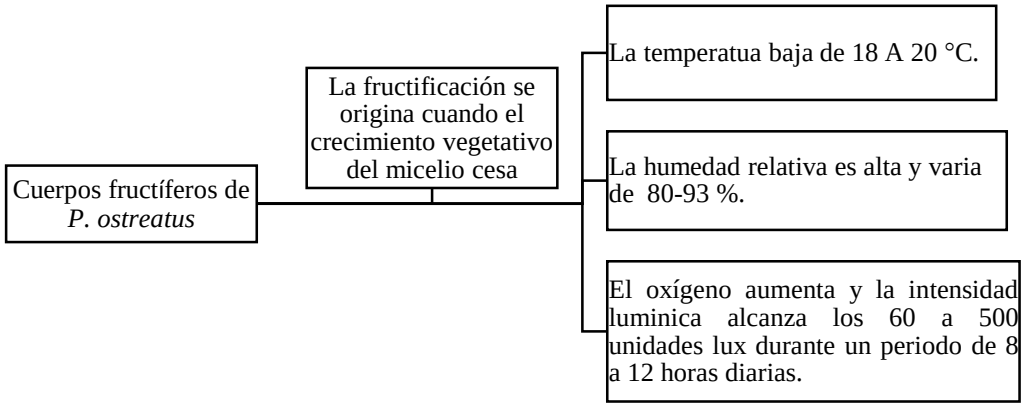


Figura 4. Condiciones ambientales favorables para los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*. Tomado de "Condiciones ambientales para el aparecimiento de cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*," por Dspace.espoch, 2008.

2.6. Propiedades nutricionales

En la actualidad cerca de 15 especies de *Pleurotus* han sido reconocidas y estudiadas, dando a conocer su potencial como alimento funcional y con utilidad biotecnológica (Huerta, Martínez, Sánchez, Leal y Vilgalys, 2010). La especie *P. ostreatus* constituye un alimento altamente proteico, posee un elevado contenido de Vitaminas (Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Piridoxina (B6), Cobalamina (B12), Ácido Ascórbico (C), Niacina, Ácido Nicotínico y Ácido Pantoténico); además, actúa como una fuente importante de Calcio y Fósforo. Aunque su contenido de lípidos es relativamente bajo, presenta ácidos grasos esenciales como el Ácido Linoléico (6.30 %). Reinoso (2015) menciona que las propiedades nutricionales del hongo ostra constituyen una gran elección para alimentarse, ya que el alto contenido de ergosterol que posee puede variar dependiendo de las condiciones de manipulación, pues, este compuesto es transformado en vitamina D en el proceso de

deshidratación al sol, por acción de la luz de los rayos UV. Además, el hongo ostra deshidratado también posee gran cantidad de vitaminas, fibra y minerales tales como sodio, fosforo, hierro, calcio, y potasio (Tabla 1).

Tabla 1

Composición Nutricional (en base seca) del hongo Pleurotus ostreatus

Sustancia	Contenido
Agua	92.20 %
Materia seca	7.80 %
Ceniza	9.50 %
Proteína bruta	39.00 %
Fibra	7.50 %
Fibra cruda	1.40 %
Nitrógeno total	2.40 %
Calcio	33 mg 100 g^{-1}
Fósforo	1.34 mg 100 g^{-1}
Potasio	3793 mg 100 g^{-1}
Hierro	15.20 mg 100 g^{-1}
Ácido ascórbico. Vitamina C	90-144 mg 100 g^{-1}
Tiamina. Vitamina B1	1.16-4.80 mg 100 g^{-1}
Niacina. Vitamina B5	46-108.7 mg 100 g^{-1}
Ácido fólico	65 mg 100 g^{-1}

Tomado de "Valoración nutricional de hongos ostras (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sapidus*) inoculados con hoja de mazorca de maíz y cáscara de maní," de Reinoso (2015), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 12-13.

2.7. Propiedades medicinales

El hongo ostra posee un alto contenido nutricional, además, de excelentes propiedades medicinales, ya que sirve para fortificar el sistema cardiovascular, también ayuda a reducir el colesterol, es antiviral, antibacterial, efectos inmunomodulatorios, antibióticos, antiinflamatorios e incluso es anticancerígeno (Ardón, 2007). Las propiedades medicinales se atribuyen a la presencia de compuesto bioactivos (péptidos, glicoproteínas, fenoles, lípidos y enzimas oxidativas e hidrolíticas) presentes en el hongo *P. ostreatus*; además, posee alrededor de 7 µg de compuestos fenólicos y aproximadamente 0.8 µg de flavonoides, importantes para prevenir la oxidación celular (Robaszkiewicz, Bartosz, Lawrynowicz & Soszynski, 2010). Los compuestos bioactivos y actividades farmacológicas se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

Compuestos bioactivos y actividades farmacológicas de Pleurotus ostreatus

Actividad farmacológica reportada	Compuestos bioactivos
Antiviral	Ubiquitina
Antiviral (VIH)	Ribonucleasa
Antioxidante	Polisacárido
Antilipidémico	Pleurano(β-glucano)
Antioxidante	Flavonoide (quercetina, catequina)
Antilipidémico	Mevinolina
Antinflamatorio	Pleurano
Antioxidante	Compuestos fenólicos, melatonina, seratonina, ergotionina
Inmunomodulador	Glucano

Tomado de "Procedimientos para la producción de setas del género *Pleurotus* con potencial aplicación farmacológica," de Beltrán, Morris, Llauradó, Bermúdez y García (2020), Rev Cub Quim, 32 (2), 245-261.

2.8. Sustratos lignocelulósicos

Pleurotus es un hongo de pudrición blanca, considerado como agente primario de descomposición debido a que es capaz de utilizar los desechos agrícolas sin que hayan sido sujetos a algún proceso previo de degradación bioquímico o microbiológico (Sánchez y

Royse, 2001); también es considerado como un organismo heterótrofo que utiliza los compuestos orgánicos e inorgánicos contenidos en diferentes sustratos como nutrientes para su alimentación, algunos de ellos como carbono, nitrógeno, azufre y fósforo necesarias para el desarrollo adecuado de la biomasa fúngica (Anike, Yusuf & Isikhuemhen, 2016). Los sustratos lignocelulósicos, son utilizados en los esqueletos carbonados de compuestos orgánicos para obtener energía; el nitrógeno, aunque en cantidades limitadas es esencial para la síntesis de aminoácidos, proteínas, nucleótidos y vitaminas (Heredia et al., 2016).

Gaitán et al. (2006) afirmó que para la selección del sustrato se debe tomar en cuenta la disponibilidad y abundancia de este en la región en donde se piensa implementar dicho sustrato, también es importante conocer el precio de adquisición y el transporte. Los mismos autores mencionan que algunos de los sustratos más utilizados para la producción de *Pleurotus* son las pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz y sorgo, y en menor cantidad la pulpa de café y algunos bagazos como los de caña de azúcar y de maguey tequilero, entre otros. Algunas veces, es recomendable hacer una combinación de los sustratos en diferente proporción, para incrementar la producción de los hongos.

Varios estudios han demostrado la capacidad de este grupo de hongos para desarrollarse sobre una gran variedad de residuos lignocelulósicos mediante bioconversión empleando subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales, solos o mezclados con otros sustratos mediante fermentación en fase sólida (Jaramillo y Alberto, 2012). La mayoría de los trabajos estudiaron sustratos como paja de trigo, residuos de algodón y cáscara de maní (Ravera, Bettera, Fernández, Estive y Piñeda, 2008), pulpa de café y viruta de cedro (Bermúdez, García y Mourlot, 2007), de la industria cervecera (Wang, Sakoda & Suzuki, 2001), hojas y aserrín (Shah, Ashraf & Ishtiaq, 2004). Bravo et al. (2014) indicaron que alrededor del 27 % de las UPAs en Pastaza siembran al menos tres cultivos que predominan la zona entre ellos se encuentra la caña de azúcar y entre esas tierras algunos productores se dedican a la diversificación de cultivos en los cuales encontramos al cultivo de café. De manera que los residuos generados por estos cultivos (bagazo de caña de azúcar y pulpa de café) pueden ser fácilmente utilizados como sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra, debido a su disponibilidad en la región.

2.8.1. Bagazo de caña

La caña de azúcar ocupa alrededor de 24'000 000 ha en el mundo, con una producción total de 1'333 000 ton. No obstante, el área destinada a este alimento y su materia prima varía

de un país a otro, inicialmente Brasil posee la mayor producción seguido por India, China, Tailandia, Pakistán, México, Cuba, Colombia, Australia, USA, Filipinas, Sudáfrica, Argentina, Myanmar y Bangladesh; entre todos estos países mencionados se concentra el 86.0 % del área y el 87.1 % de la producción mundial. Para obtener el bagazo de caña el fruto fresco debe pasar por un proceso de molienda, donde se extrae solo el jugo que es utilizado para hacer, ron, melaza, azúcar y alcohol, además sirve como ración para la alimentación animal, mientras que el bagazo es desechado y muchas de las veces es quemado creando contaminación ambiental (Moncada y Castro, 2016).

Según el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE, 2004) la caña de azúcar es un cultivo de mucha importancia para el país, del cual se extrae azúcar que forma parte de la canasta básica de los ecuatorianos y es un ingrediente esencial para muchos alimentos elaborados y semi-elaborados de consumo masivo. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2018), en el año 2018 la producción total de caña en el país fue de 7'502 251 Tm, producción que es destinada a la extracción intensiva de productos derivados de la caña y que generan una saturación del residuo de bagazo de caña, por lo que en el país existe un incremento de desechos agrícolas que se acumulan en sectores específicos como en las regiones de la Costa y de la Amazonía (Villacís, 2016). La composición química de la caña de azúcar siempre varia ya que es la resultante de la interacción directa e indirecta del medio en el que se sitúa como por ejemplo; localidad, región, clima, edad y estado de madurez de la caña, características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, grado de humedad (ambiente y suelo), fertilizantes y demás factores (Villarroel, 2006). La composición del bagazo de caña referida por Villacis (2016) expresa que su contenido es de 50 % celulosa, 25 % hemicelulosa y 25 % lignina, a continuación, se muestran la Tabla 3 con la composición química en porciento del tallo y el jugo de la caña de azúcar.

Tabla 3

Composición química en porciento del tallo y el jugo de la caña de azúcar

Composición química	%
En el tallo	
Agua	73 a 76
Solidos	24 a 27
Solidos solubles	10 a 16
Fibra (seca)	11 a 16
Sumo del tallo	
Azúcares	
Sacarosa	75 a 92
Glucosa	70 a 88
Fructuosa	2 a 4
Sales	
Inorganicas	3.0 a 3.4
Orgánicas	1.5 a 4.5
Acidos orgánicos	1 a 3
Aminoácidos	1.5 a 5.5

Tomado de "Aplicación de técnicas para la clasificación del jugo de caña (*Sacharum oficinarum*) como mejorador de sus características organolépticas," de Villaroel (2006), Universidad Técnica de Ambato, 9-10.

2.8.2. Pulpa de café

Para la obtención de la pulpa de café (Figura 5), la cereza de café debe pasar por una despulpadora, en donde se separa el mesocarpio de la semilla, proceso conocido como beneficio húmedo, el cual genera tres contaminantes o subproductos como son; aguas de despulpe, aguas de lavado o aguas mieles y la pulpa que posee de 75 a 78 % de humedad, esta última representa el 40 % del peso total del fruto. La pulpa de café es un residuo difícil de manejar por su alto contenido de agua, por ello es considerada un problema de contaminación, ya que los productores de café no encuentran una forma de darle viabilidad a este residuo y simplemente lo arrojan a los ríos o quebradas (García, 2001).



Figura 5. Partes del fruto del grano de café.

Tomado de "Estructura del grano de café," por CoffeMedia, 2017.

Con respecto a la disponibilidad, y composición química de la pulpa de café (Tabla 4) se han propuestos distintas vías de uso como es el caso de la alimentación animal o microbiológica, abonos fermentados, energía en forma de gas, entre otros. Existen sustancias que se encuentran en la pulpa de café que pueden llegar a ser tóxicas y afectar el valor nutritivo que esta brinda, tales como taninos, polifenoles, cafeína y potasio. La alimentación en animales con esta pulpa ha llegado a ocasionar la muerte en ratas, polluelos y hasta rumiantes (Noriega, Silva y García, 2008). El café a nivel mundial es el producto más consumido, se estima que por cada 2 ton de café se puede generar 1 ton de pulpa de café (Fierro, Contrera, González, Rosas y Morales, 2018).

Tabla 4

Composición bromatológica de la pulpa de café (en base al peso seco)

N	Proteína	Ceniza	Fibra	Grasa	ELN	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
				%				
1.85	11.58	6.68	15.26	5.02	5.02	19.5	2.5	24.9

Tomado de "Evaluación de la producción de setas comestibles orellanas (*Pleurotus ostreatus*) sobre cuatro sustratos a base de pulpa de café, tratados con tres diferentes métodos de esterilización en el municipio de Piendamó," de Sarasti y Muelas (2008).

2.8.3. Aserrín

Este residuo es de fácil acceso y muy factible, ya que aporta altos niveles de celulosa y lignina, pero es recomendable que procedan de maderas duras, de otra forma se pierde el contenido de los compuestos antes mencionados y obviamente el rendimiento de la

producción (Tabla 5). Para la ocupación como sustrato antes debe pasar por ciertos procedimientos para eliminar compuestos fenólicos que se encuentran presentes en la madera (Villacís, 2017).

La Amazonía ecuatoriana constituye una de las mayores formaciones boscosas del mundo actual, ya que alberga una gran variedad de recursos genéticos. El Pigüe (*Piptocoma discolor*) es una de las especies forestales más aprovechadas en esta región, puesto que al ser una especie pionera es de rápido crecimiento y domina la primera fase de bosques secundarios. También es una de las especies más explotadas por aserraderos dejando un subproducto no utilizado como es el aserrín, que puede ser observado en grandes cantidades en cualquier aserradero de la región (Merino, 2010). Para aprovechar el comercio de la madera, los productores se encargan de explotar una gran variedad de especies forestales a lo largo de la Amazonía, y se explotan especies como el pino cuncho (*Schizolobium amazonicum*), laurel (*Cordia sp*.), balsa (*Ochroma pyramidale*), bolaina (*Guazuma crinita*), bacurí (*Platonia insignis*), pigüe (*Pollalesta discolor*), entre otras. Esta actividad permite a los productores familiares obtener ganancias al comercializar su madera, principalmente de modo informal, por lo que en la Amazonía se generan grandes cantidades de residuos de aserrín (Pokorny, et al., 2010).

Tabla 5

Composición proximal física y química de los residuos lignocelulósico de los árboles de canelo y laurel.

Material	Propiedad	Parámetros	%
Canelo	Físicas	Humedad	8.21
		Cenizas	0.16
		Volátiles	78-70
		Carbón fijo	12.93
	Químicas	Hemicelulosa	12.45
		Celulosa	53.49
		Lignina	28.28
Laurel	Físicas	Humedad	9.69
		Cenizas	1.38
		Volátiles	70.94
		Carbón fijo	17.99
	Químicas	Hemicelulosa	12.76
		Celulosa	50.20
		Lignina	31.84

Tomado de “Tomado de “Obtención de materiales compuestos con propiedades magnéticas para la remoción de zinc a partir de residuos lignocelulosicos,” de Asimbaya, C. (2016), Escuela Politécnica Nacional, 8-9.

2.9. Composición química de los sustratos

Los componentes más importantes que se deben tener en cuenta en los sustratos para la producción de los hongos en general son: la celulosa que constituye la pared celular vegetal, al ser muy abundante es altamente aprovechada en diversas industrias como la papelera y de aditivos (Moncada, Aristizabal & Cardona, 2016). La hemicelulosa que está compuesta por un grupo de heteropolisacáridos compuestos por pentosas, como la D-xilosa, L-arabinosa, y de hexosas como la D-glucosa, D-manosa y D-galactosa, además contiene ácidos urónicos (glucorónico y galacturónico) y grupos acetilos30 formando cadenas más cortas y ramificadas (Moncada y Castro, 2016). La lignina, polímero que se encuentra en la lámina media de la pared celular y también en las capas de la pared celular, después de la celulosa es el segundo componente más abundante en el tejido vegetal, cuya función es proporcionar rigidez contra la humedad, los agentes atmosféricos y el ataque de microorganismos, sin olvidar que puede actuar como elemento de unión de fibras de celulosa (Moncada et al., 2016).

2.10. Etapas de preparación del cultivo de *Pleurotus*

El tratamiento previo para los sustratos es realizar una reducción del tamaño de las partículas alrededor de 2 a 3 cm, para aumentar la superficie de contacto, esto facilitará la acción enzimática del hongo y la invasión del micelio en el mismo (Rojas, 2004). Si las partículas son muy pequeñas, dificultará la difusión de gases; y si las partículas son muy grandes, la retención de humedad no será la adecuada debido a su inapropiada compactación y difícil acceso a los nutrientes (Gaitán et al., 2006).

La humedad del sustrato debe oscilar entre el 60 y 75 % (Quizhpilema, 2013). Los niveles mayores de humedad afectan la disponibilidad del oxígeno en el sustrato, y generan la aparición de organismos anaerobios que ocasionan la pudrición del sustrato; y si el sustrato está muy seco, se inhibe el crecimiento del micelio y disminuye la producción (Gaitán et al., 2006). Para determinar la humedad adecuada de los sustratos, se emplea la prueba de la palma de la mano, que consiste en apretar fuertemente un puñado de sustrato, y comprobar si existe un tenue goteo por gravedad, para así determinar que la humedad es correcta (Aguinaga, 2012). El sustrato al momento de ser enfundado no debe compactarse, ya que de

esa forma generará una fermentación anaerobia, dando como consecuencia el aumento de la temperatura en el medio y causando estrés en el hongo (Villacís, 2017).

2.10.1. Preparación de la semilla en grano (SPAWN)

El spawn o también denominado inóculo, es el tejido vegetativo del hongo y es el resultado del medio que ha sido penetrado por el micelio, el hongo ostra preparado en tacos de madera es conocido como tapones, preparado en aserrín suplementado se denomina spawn de aserrín, actualmente también se prepara en granos de cereal, es considerado apropiado cuando posee un micelio que es capaz de crecer rápidamente sobre cualquier sustrato en particular (Leatham & Griffin, 1984). Para su preparación se necesitan varios materiales, en su mayoría de desechos agrícolas que pueden ser usados como sustratos. El uso de desecho agrícolas varía según la región, de manera que se encuentren disponibles en gran cantidad, para ello se puede hacer uso de paja de arroz, hojas de tabaco, hojas de té usadas, aserrín, cereales y pulpa de café, entre otros. Siempre se debe considerar que el factor más importante es el buen desarrollo del micelio (Quimio, 2005).

Stamets (2005) menciona que el crecimiento del micelio y la fructificación del hongo dependen de la cantidad de inóculo que se añada en las bolsas de producción, además también depende de factores ambientales que deben ser considerados como: la temperatura que no debe exceder los 35 °C en la parte interna del hongo, ya que es un factor propicio para el desarrollo de hongos, mohos, entre otros microorganismos termófilos que pueden afectar la calidad del sustrato; la humedad que no debe sobrepasar del 60 al 75 %, puesto que por debajo de dicho rango el comportamiento del hongo empieza a ponerse lento y esporádico, ya que al estar constituido del 90 % de humedad el sustrato debe permanecer humectado, aún más luego de la primera cosecha; y la luminosidad que debe ser prudente para no generar efectos adversos en el cultivo como exponer al hongo a una luz solar directa y por periodos largos, la cual afecta directamente al desarrollo del hongo.

2.10.2. Pasteurización del sustrato

El proceso de pasteurización se encarga de degradar los nutrientes del sustrato para que el crecimiento de microorganismos competidores sea más propicio, aunque también degrada microorganismos benéficos y patógenos. Los sustratos una vez pasteurizados son propicios para la inoculación con spawn que es una mezcla de granos y micelio (Quimio, 2005). El mismo autor menciona que los organismos que fueron eliminados serían los más

sensibles a las altas temperaturas y aquellos que no lo hicieron no afectan al hongo en las primeras dos semanas, dándole así tiempo al hongo para su perfecto desarrollo.

2.11. Desarrollo del hongo

2.11.1. Formación de primordios

La etapa de crecimiento de los primordios es una de las más delicadas en el cultivo, ya que existen requerimientos de cambios ambientales leves en el sustrato y el micelio. Los factores más importantes en esta etapa son: la temperatura que depende de la variedad del hongo para adicionar o disminuir la temperatura al sustrato (choque térmico) y sirve para accionar el mecanismo de producción de cuerpos fructíferos; por ello, la humedad debe permanecer de 90 a 95 % una vez aparecido el primer primordio, con riego directo y una tasa de evaporación controlada; la aireación, esencial para que el nivel de CO_2 permanezca por debajo de las 1 000 ppm; y la luz que ayuda a obtener mejores resultados elongación de tallo y crecimiento de carpóforos, pero debe ser filtrada y tenue con una intensidad de 50 a 1 000 lux (Stamets, 2005).

2.11.2. Desarrollo de cuerpos fructíferos

Es la última fase del cultivo, aquí es donde los primordios alcanzarán su máximo desarrollo, de aquí depende la cantidad y calidad de las setas, las cuales pueden ser manipuladas por medio de ciertos factores de relevancia como: la temperatura la cual una vez aparecidos los primordios puede manipularse a modo de conseguir la calidad requerida o definir el tiempo de cosecha, a menores temperaturas el desarrollo se vuelve más lento e induce a la formación de tejido carnoso, firme y de mejor calidad, y en cuanto aumenta la temperatura el desarrollo del hongo se vuelve más rápido y puede salir más rápido al mercado, pero con baja calidad de la seta; la humedad que debe mantenerse de 90 a 95 % mediante el riego varias veces al día; la luminosidad la cual está relacionada con el color de los cuerpos fructíferos, ya que el exceso de luz los oscurece y su ausencia los pone pardos; y la aireación que controla los niveles de CO_2 y de oxígeno de las superficies de los hongos en crecimiento (Stamets, 2005).

2.11.3. Cosecha

Gaitán et al. (2006) afirmaron que, los primordios requieren de una semana para convertirse en hongos adultos que estarán listos para cosecharse, para ello el sombrero del hongo debe observarse compacto, turgente, sin flacidez y sin sus orillas enrolladas hacia

arriba. La cosecha del hongo se realiza entre los 6 y 8 días, a partir del día de la nacencia, la cosecha puede durar varios días mientras se realiza una selección de hongos que estén en su máximo desarrollo (Flores y Contreras, 2012). Para la cosecha de las setas, se utiliza una navaja limpia y se realiza un corte al pie del hongo de tal modo que no dañe la superficie del sustrato ni del hongo, posteriormente estos son depositados en una canasta que esté cubierta por una manta húmeda para que no pierdan peso por evapotranspiración (Gaitán et al., 2006).

La primera cosecha de *P. ostreatus* puede durar de 1 a 3 días, posteriormente se toma un tiempo de receso de 1 o 2 semanas para realizar el siguiente corte, tiempo durante el cual se debe mantener las condiciones ambientales adecuadas (temperatura, iluminación y humedad), para evitar daños o contaminación en las muestras. De las fundas de setas se obtiene entre dos a cuatro cosechas como promedio, ya que la producción depende de la variedad de hongo y del sustrato utilizado, las dos primeras cosechas son las más importantes, ya que producen la mayor cantidad de fructificaciones cerca del 90 % (Gaitán et al., 2006). Flores y Contreras (2012) señalaron que el mejor tamaño para comercializar los hongos es cerca de los 10 a 14 cm, ya que existe mayor aprovechamiento del hongo. En algunas ocasiones, existen setas que pueden crecer 25 cm o más, pero cuando las setas son muy grandes no son bien aceptadas por el consumidor, ya que son muy blandas y no se conservan por mucho tiempo. Por el contrario, si las setas son menores a 10 cm el hongo será de textura tierna y se requerirá de más cantidad de hongos para completar 1 kg, pero será producto de mayor calidad, mejor vendido y el sustrato durará más tiempo, cuatro cosechas aproximadamente.

Capítulo 3. Metodología de la Investigación

3.1. Tipo o Diseño de Investigación

La presente investigación es de tipo no experimental, exploratoria y documental, la cual permitió la búsqueda científica y sistemática de la información de fuentes primarias como tesis, artículos; y, secundarias como revistas, resúmenes, entre otras (Cortés y Iglesias, 2004). Las mismas que posibilitaron a través de la recopilación y análisis de información, llegar a conclusiones confiables y cumplir los objetivos planteados.

3.2. Métodos de investigación

El método de investigación utilizado fue exploratorio documental, como estrategia eficiente que garantice recuperar el mayor número de documentos científicos relacionados con el tema, que ayude a contextualizar tanto el estudio como los resultados que deriven del mismo (Sánchez y Royse, 2001). El método exploratorio documental permitió conocer el estado actual del comportamiento morfofisiológico, rendimiento productivo y eficiencia económica de *P. ostreatus*. A continuación, se enlistan las variables que rigen la selección de datos bibliográficos por objetivo de estudio.

Primer objetivo: Comportamiento morfofisiológico

Morfología

- Número de talos (n)
- Longitud del talo (mm o cm)
- Diámetro del carpóforo (mm o cm)
- Color y textura del carpóforo (a)

Fisiología

- Días y porcentaje a la colonización en sustrato (n/%)
- Días al aparecimiento de los cuerpos fructíferos del hongo (n)
- Días a la cosecha (n)

Segundo objetivo: Rendimiento productivo:

- Rendimiento de *P. ostreatus* (Kg/unidad de producción)
- Eficiencia biológica (%)
- Rendimiento biológico (%)

Tercer objetivo: Eficiencia económica:

- Precio del producto (USD/kg)
- Costos de producción (USD/ kg)

- Relación B/C (a)

3.2.1. Método exploratorio

El método de investigación seleccionado permitió la obtención de información básica y especializada para alcanzar cada uno de los objetivos específicos propuestos. Para cumplir con el método se establecieron etapas de búsqueda que parten del análisis y definición de la necesidad de información hasta la gestión de la información (Figura 6).

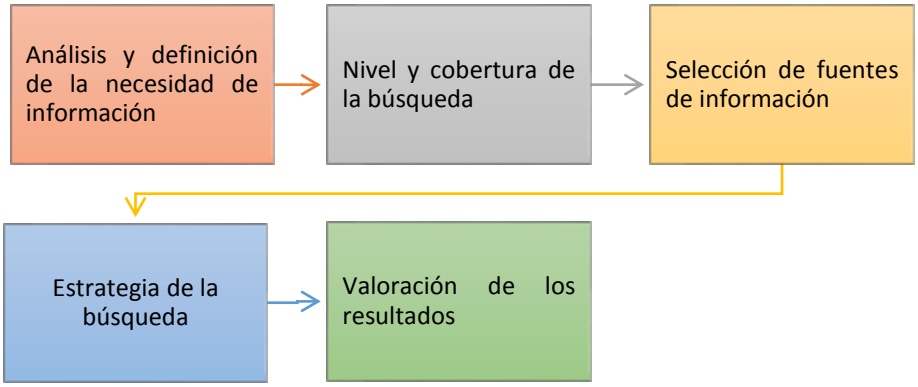


Figura 6. Etapas del método exploratorio para la búsqueda de información.

Elaborado a partir de J Muñoz-Rengifo (comunicación personal, 02 de febrero de 2021).

3.2.1.1. Análisis y definición de la necesidad de información.

El análisis y definición de la necesidad de la información nació debido a la falta de estudios documentados. Para el caso de este estudio, que consoliden la eficiencia y la rentabilidad que se puede alcanzar con el uso de diferentes sustratos para la producción de *P. ostreatus*, pues, en el país existen diversos residuos agrícolas e industriales que se pueden utilizar, pero se desconoce el potencial como material de biotransformación.

3.2.1.2. Nivel y cobertura de la búsqueda. La búsqueda de información se centró en publicaciones científicas de fuentes primaria y secundaria, de la producción de *P. ostreatus* de los últimos 20 años, de tal forma que se permita disponer de la cantidad suficiente de estudios para desarrollar el tema de investigación; además, la cobertura geográfica será de países de América, Europa y Asia que han incursionado en la producción del hongo ostra.

3.2.1.3. Elección de fuentes de información. Las bases de datos que se utilizaron para la búsqueda de fuentes de información fueron: Google académico (Google, LLC-Alphabet Inc; USA), Scopus (Elsevier B.V, 2004), Scielo (FAPESP and BIREME; Brasil), y repositorios de tesis a nivel nacional e internacional, que varíen en función al tema de estudio.

3.2.1.4. Estrategia para la búsqueda de la información. La estrategia para la búsqueda de información fue elaborada a partir de J. Muñoz-Rengifo (comunicación personal, 02 de febrero de 2021) y consistió en elaborar una combinación de términos seleccionados (términos de inclusión), palabras clave u operadores que permitan combinar términos para ejecutar la búsqueda, relacionados con el tema de investigación, específicamente con las variables propuestas para cada objetivo: variables morfofisiológicas, rendimiento agrícola y eficiencia económica.

3.2.1.4.1. Descriptores. Los descriptores que se utilizaron fueron elaborados en grupos para cada objetivo, y son los siguientes: *Pleurotus ostreatus*, sustratos lignocelulósicos, morfofisiología y rentabilidad.

3.2.1.4.2. Criterios de inclusión. Los criterios de inclusión considerados para la búsqueda fueron los siguientes:

a. Palabras clave.

Para el cumplimiento del objetivo 1 se utilizaron las siguientes palabras clave: "*Pleurotus ostreatus*", "hongo ostra", "bagazo de caña", "pulpa de café", "aserrín", "producción de hongos comestibles", "variables morfológicas", "variables fisiológicas" "crecimiento" y "desarrollo".

Para el cumplimiento del objetivo 2 se utilizaron las siguientes palabras clave: "*Pleurotus ostreatus*", "hongo ostra", "bagazo de caña", "pulpa de café", "aserrín", "productividad", "rendimiento", "eficiencia" y "conversión alimenticia".

Para el objetivo 3 se utilizaron las siguientes palabras clave: "*Pleurotus ostreatus*", "hongo ostra", "bagazo de caña", "pulpa de café", "aserrín" "rentabilidad", "costos de producción" y "costos del producto".

b. Año de publicación.

Estudios de los últimos 20 años (2001 a 2021) para todos los casos.

c. Número de estudios.

En general, se consideraron 60.7 % artículos científicos -experimentales-, 37.5 % tesis y 1.8 % libros o capítulos de libros.

3.2.1.4.3. Criterios de exclusión. Los criterios de exclusión fueron aquellos que contengan información con respecto a:

a. Publicaciones de *Pleurotus* que provengan de otras especies, es decir que no sea *P. ostreatus* y que tenga además otros fines de estudio.
b. Información de *P. ostreatus* que no tengan las variables necesarias para la finalidad del presente estudio.
c. Estudios que no tengan una fuente oficial o verificable, que no presenten rigurosidad científica.

3.2.1.5 Selección de estudios. Se seleccionaron estudios que tengan rigurosidad científica, para el caso de artículos científicos que fueron publicados en revistas científicas indexadas y en el área temática de la investigación; para el caso de libros, tesis, capítulos de libros, exclusivamente si fueron revisados por pares académicos. Además, que las variables tengan conveniencia de escalas con las definidas para el análisis en este estudio (para el caso de cada objetivo); que la cobertura geográfica y condiciones ambientales sean comparables (para los casos de estudios experimentales).

La selección de estudios se realizó a partir de criterios de calidad, que aseguren que los datos que han pasado por un procedimiento de selección con rigurosidad científica: 1) Validez científica, 2) Relevancia con el tema de investigación (objetivos y variables), 3) Que contengan datos medibles o cuantificables, 4) Conveniencia de escala entre variables y 5) Que cumpla con el principio de reproducibilidad en otros contextos (J. Muñoz-Rengifo, comunicación personal, 02 de febrero de 2021).

3.2.1.6. Manejo de la información. Para el manejo de la información, se elaboraron tablas utilizando el programa de hojas de cálculo Excel (Microsoft Excel 2010; USA) que permitan organizar y analizar la información. Para tener una visión general de la información se consolidaron todas las fuentes primarias y secundarias disponibles en una tabla que contenga: el año de publicación, país, autor, título y el enlace directo a cada estudio. Posteriormente, en otras hojas de cálculo (una para cada objetivo), también en tablas, se organizó la información disponible por cada tipo de sustrato y por cada objetivo. Finalmente se realizaron tablas comparativas que muestren el comportamiento del hongo otra, con las variables que tributan al comportamiento morfofisiológico, rendimiento agrícola y eficiencia económica para los sustratos: bagazo de caña, pulpa de café y aserrín.

Además, se presentaron en diagrama de barras los resultados más relevantes de las variables cuantitativas y en diagrama de sectores las variables cualitativas, que sean fáciles de interpretar, para entender el comportamiento del hongo ostra en los sustratos individuales

evaluados; de la misma manera se reportaron detalles en texto (cantidad de sustratos, condiciones de manejo u otros) de aquellas investigaciones que muestren mejor comportamiento de las variables y que sustenten el tema de investigación.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Hallazgos previos de la literatura analizada en cuanto a la producción de *P. ostreatus* sobre tres sustratos lignocelulósicos

Este estudio consideró 58 publicaciones (periodo 2001 a 2021) sobre la producción de *P. ostreatus,* los cuales se ajustan a los criterios de selección detallados en la metodología. Las publicaciones seleccionadas aportan al análisis del comportamiento mofofisiológico, rendimiento productivo y sustrato económicamente más eficiente para la producción del hongo ostra, que distribuidas por continente son las siguientes: América, Asia, África y Europa; de igual forma, se presenta la distribución según la base de datos: Google académico, Scopus y ScieLo (Figura 7). Los resultados muestran que Google académico presentó el mayor número de publicaciones y que, América tuvo el mayor porcentaje de publicaciones sobre la producción de *P. ostreatus*, debido posiblemente a que este continente posee una diversidad de climas que favorecen el desarrollo y producción del hongo ostra (Borja y Segura, 2016), y que varios autores han visto la oportunidad de desarrollar estudios sobre su producción, con la finalidad de aprovechar la abundancia de los residuos que se originan en la zona de cultivo de estos países (Díaz et al., 2019).

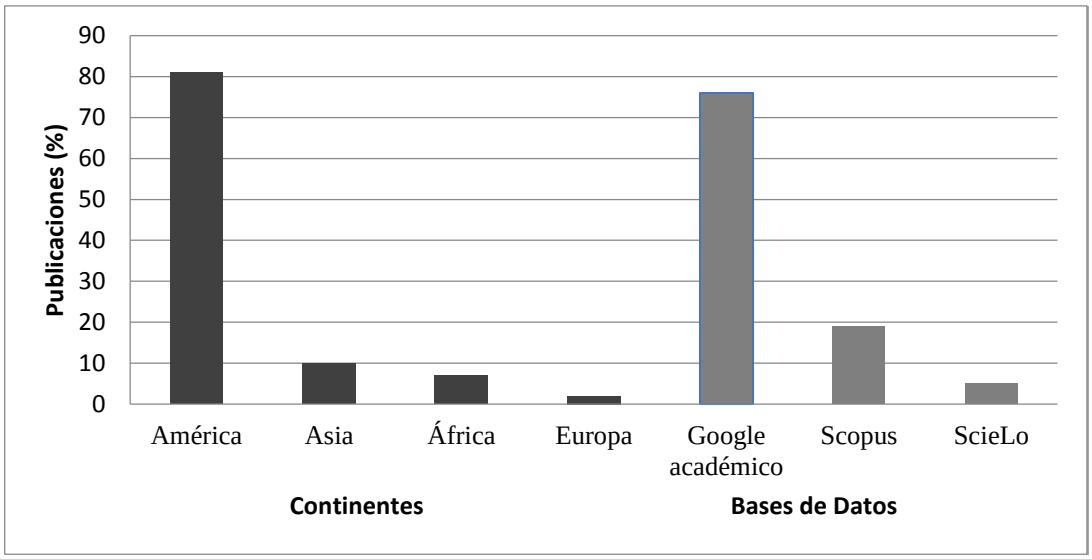


Figura 7. Publicaciones sobre *P. ostreatus* por continente y por base de datos, que se sujetan a los criterios de selección de esta investigación, durante el periodo 2001 a 2021.

En esta investigación se han recopilado entre 1 a 14 publicaciones por país según la búsqueda de información aplicada. Dentro de estos países (Figura 8) se encuentra Colombia que aporta un máximo de información con 14 publicaciones, mientras que de Ecuador y México se recopiló cinco publicaciones por país. La baja producción en Ecuador

se debe posiblemente a que la demanda y el consumo del hongo aún no es muy popular por ser una especie introducida (Cruz, Capa, Maza, Ojeda y Benítez, 2020); además, los cultivos existentes de esta especie son netamente artesanales ejecutados por pequeños productores que no llevan registro, menos publican resultados (Lema, 2020); cabe recalcar que, en Ecuador existe información sobre *P. ostreatus* que no se ajusta a los criterios de selección del presente estudio.

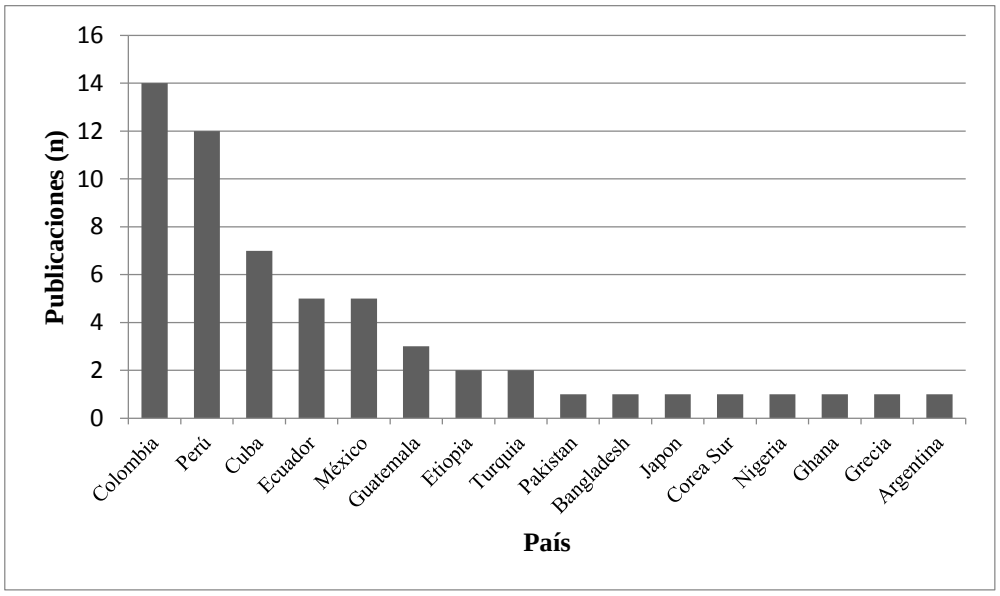


Figura 8. Publicaciones por país sobre *P ostreatus*, ajustados a los criterios de selección de esta investigación, durante el periodo 2001 a 2021.

El comportamiento anual de la producción científica del hongo ostra durante los últimos 20 años (2001-2021) es variable, va de uno a cinco publicaciones con un promedio de 2.9 publicaciones por año (Figura 9); el bajo índice de publicaciones es el resultado de la metodología aplicada en la investigación. Aunque, autores como Pineda, Ramos, Soto, Freitas, y Pereira (2015) mencionaron que la información acerca de las tecnologías de producción del hongo ostra es mínima, ya que la información existente se encuentra fragmentada, dispersa y, en algunos aspectos, es escasa; y en su mayoría hacen referencia al aprovechamiento de la capacidad de esta especie para hacer frente a la biorremediación ambiental, salud y dieta enfocada en humanos y animales (Ghorai, Banik, Verma, Chowdhury, Mukherjee & Khowala, 2009).

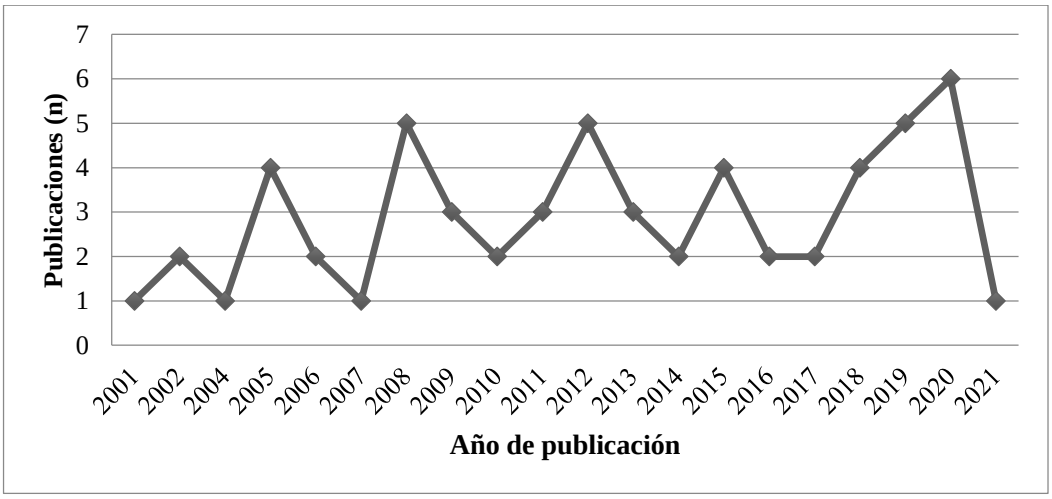


Figura 9. Publicaciones anuales sobre *P. ostreatus* (recolectadas en esta investigación), durante el periodo 2001 a 2021.

De las 58 publicaciones analizadas en el presente estudio, indistintamente contienen información que aporta a uno o varios objetivos según sus variables de estudio. En este caso, la mayor cantidad de información recolectada corresponde a las publicaciones (52) que están relacionadas con la variable de rendimiento productivo de *P. ostreatus* (objetivo 2); seguido por 49 publicaciones que pertenecen al objetivo 1, y en menor cantidad publicaciones (6) que aportan al objetivo 3 (eficiencia económica), como se muestra en la Figura 10. Según autores como Romero et al. (2018) manifestaron que la mayoría de los estudios referente a *P. ostreatus* se enfocan en el aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos locales para reducir la contaminación ambiental, para mejorar el rendimiento productivo, más no en los costos de producción.

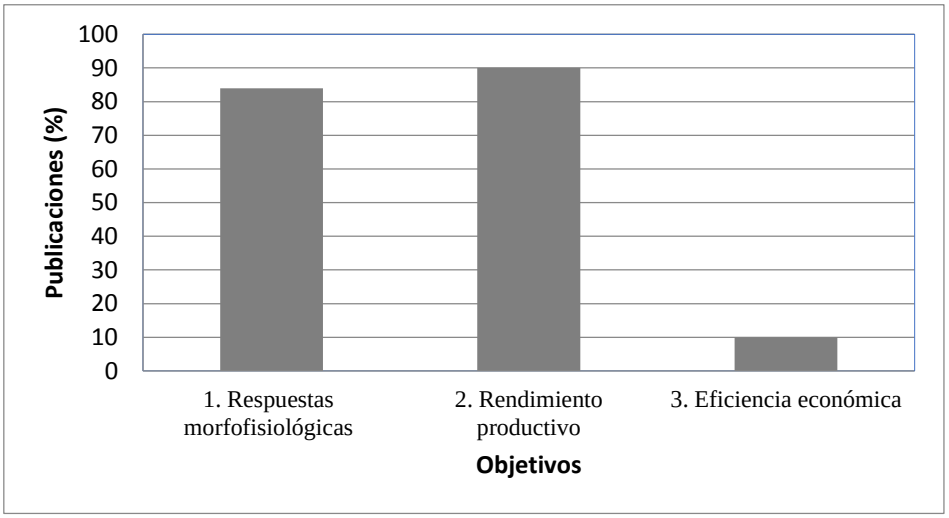


Figura 10. Publicaciones de *P. ostreatus* que aportan a cada objetivo específico de esta investigación.

4.2. Respuesta morfofisiológica de *P. ostreatus* en pulpa de café, bagazo de caña y aserrín

Las respuestas morfofisiologías de *P. ostreatus* en tres sustratos lignocelulósicos, se respaldan en 49 publicaciones. Los resultados recolectados muestran que el aporte de cada país va de 1 a 12 publicaciones, siendo Colombia el que reporta la mayor cantidad de información (12), mientras que Ecuador registra cuatro publicaciones (Figura 11). Martínez (2017) manifestó que la falta de información sobre el hongo ostra en el Ecuador se debe a que, los pocos productores de hongos carecen de una asistencia técnica especializada con miras a la profesionalización, por tal razón, el estudio y la producción de hongos es sumamente baja tanto que no cubre ni la demanda existente en el país.

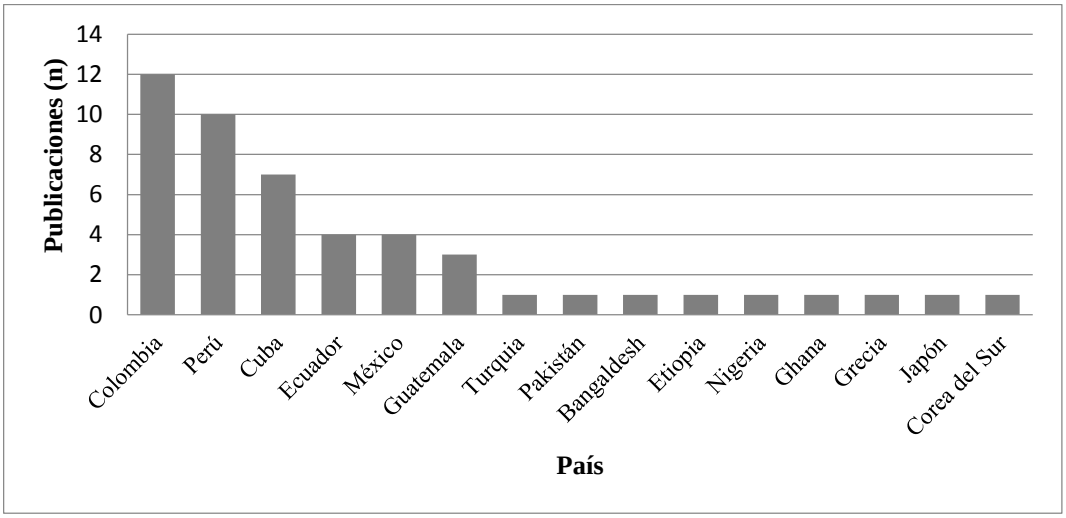


Figura 11. Publicaciones por país sobre las características morfofisiologícas de *P. ostreatus* (recolectados en este estudio), durante el año 2001 a 2021.

Respuestas morfológicas

4.2.1. Número de talos (n)

La variable número de talos depende de la cantidad y tipo de sustrato que se utilice, por lo general en el cultivo de hongos ostra se diferencian tres momentos de cosecha, sin embargo, la más representativa es la primera; por esta razón, los resultados de esta variable (Tabla 6) corresponde a la primera cosecha, se muestra que el número de talos varía entre 7.33 a 148. La pulpa de café permitió el desarrollo del mayor número de talos y el aserrín registró el menor valor.

Bermúdez, García, Kekeli, & Serrano (2018) quienes utilizaron para la elaboración del cultivo 500 g de sustrato pulpa de café (100 %), inoculado con 10 % de micelio cepa

CCEBI 3023 *P. ostreatus*, temperatura promedio de 21 °C y humedad relativa de 95 %, condiciones que produjeron 148 talos cultivados en 3.5 kg de sustrato durante la primera cosecha. Mientras que realizando el mismo procedimiento en bandejas se adquirió 97 talos durante la primera cosecha en 3.5 kg de sustrato. De la misma manera otra investigación obtuvo una buena cantidad de talos utilizando bolsas de 1 kg de pulpa de café (100 %) inoculada con semilla (CCEBI 3024) al 10 % en base al peso húmedo del sustrato, con temperatura promedio de 27 °C y humedad relativa entre 90 a 95 %.

La investigación realizada por Cárdena (2015) quien utilizó bagazo de caña (100 %), inoculado con 150 g de semilla de *P. ostraeatus*, manteniendo temperaturas en fase de fructificación entre 23 a 28 °C y humedad relativa promedio del 80 %, alcanzando una producción total de talos de 53.6 unidades de hongos frescos por bolsa de 3 kg en 3 cosechas realizadas (17.86 setas por cosecha). Por otro lado, la investigación con menor número de talos producidos fue realizada por, Ancco (2012) quien realizó la producción del hongos ostra bajo condiciones de laboratorio, utilizando bagazo de caña inoculado con 30 g de semilla del hongo *P. ostreatus*, utilizando una temperatura promedio en la fase de fructificación de 18 °C y promedio de humedad relativa de 90 %, condiciones que arrojaron un promedio de 32 unidades de hongos frescos en 1 kg de sustrato y bajo 3 cosechas realizadas, dando un promedio de 10 unidades por cada cosecha.

Los mejores resultados de número de talos se obtuvieron utilizando aserrín al 100 %, inoculado con 30 g de semilla, manteniendo en la fase de fructificación temperaturas entre 25 a 26 °C y humedad relativa entre 70 a 80 %, produciendo 58.9 talo por bolsa de 1 kg, en tres cosechas realizadas (19.63 setas por cosecha) (Hernández y López, 2006). Por otra parte, Vargas (2015) utilizó bolsas de 1 kg compuesto por 60 % de aserrín de bolaina frescas más 40 % cáscara de sacha inchi, inoculado con cepa *P. ostreatus* HC-3, y alcanzó un promedio total de 16.4 setas por cosecha. Otro estudio expresó la menor cantidad de talos utilizando 1 kg de aserrín de bolaina fresca (100 %) inoculado con *P. ostreatus* al 2 %, utilizando en la fase de fructificación un promedio de 26 °C y una humedad relativa entre 80 a 88 %, condiciones que arrojaron un promedio de 8.4 setas por cosecha (Wisum, 2015).

Tabla 6

Número de talos presentes durante la primera cosecha de P. ostreatus en tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos			Dosis de inoculación	Condiciones		Número de talos	Fuentes
Tipo	**Cant (kg)**	**Razón (%)**		**T (°C)**	**HR (%)**		
Bagazo de caña de azúcar (BC)							
BC	3	57	5 %	7 - 31	33 - 100	23.67	Acevedo, 2017
aserrín		30					
mogolla		10					
calcio		1					
azúcar		2					
BC	3	100	150 g	23 - 28	80	17.86	Cárdena, 2015
BC	2	100	100 g	25	-	11.37	Valera, 2005
BC	1	100	30 g	18	90	10	Ancco, 2012
Pulpa de café (PC)							
PC	3.5	100	10 %	21	95	148	Bermúdez, García, Kekeli & Serrano, 2018
PC	3.5	100	10 g	27	90 - 95	69	Puig, Crespo, Cardona, Matos y Serrano, 2020
PC	2	100	50 g	18 - 26	85 - 95	16	Taboada, 2011
Aserrín (A)							
A	1	100	30 g	25 - 26	70 - 80	19.63	Hernández y López, 2006
Aserrín de bolaina	1	60	2 %	27	80 - 88	19. 63 talos	Vargas, 2015
Cáscara de sacha inchi		40					
Aserrín de bolaina fresca	1	90	2 %	27	80 - 88	16.4 talos	López, 2015
Cascara de cacao		10					
Aserrín de eucalipto	1	50	20 g	18	90	16.1 talos	Ancco, 2012
Aserrín de pino		25					
Aserrín de otras maderas		25					
A	0.5	100	-	25 - 28	80 - 85	11.53	Ahmed, Abdullah, Ahmed & Bhuyan, 2013
Aserrín de bolaina fresca	1	100	2 %	26	80 - 88	8.4	Wisum, 2015
Aserrín	1	50	5 %	17 - 20	-	7.33	Shah, Ashraf & Ishtiaq, 2004
Paja de trigo		50					

4.2.2. Longitud del talo (cm).

Los resultados en cuanto a la longitud del talo de *P. ostreatus* varían entre 1.22 y 5.73 cm, en dependencia de la edad del primordio y del tipo de sustrato utilizado. De los tres sustratos evaluados el bagazo de caña presenta una mayor longitud de los talos, mientras que las menores alturas se reportan en el sustrato de aserrín, ambos de edad similar (Tabla 7).

Santillán y Morocho (2018) utilizaron un sustrato a base de bagazo de caña 80 % y afrecho de trigo 20 % manteniendo una temperatura de 25 a 30 °C y una humedad relativa entre 70 a 80 %, obteniendo 5.73 cm de longitud de talo, luego de 4 días de la aparición de primordios. De igual forma, Borja y Segura (2016) quiénes utilizaron 2 kg bagazo de caña (50 %), paja de cebada (20 %), vaina de fréjol (16 %), salvado de quinua (12 %) y carbonato de calcio (2 %), con temperaturas entre 18 a 26 °C y humedad relativa entre 85 a 90 %, obteniendo 4.80 cm (longitud de talo) a los 10 días después de la aparición de primordios. Por otro lado, Valera (2005) utilizó 2 kg bagazo de caña de azúcar en descomposición 100 %, manteniendo una temperatura promedio de 25 °C, condiciones que arrojaron un promedio de 2.06 cm de longitud del talo, este dato se recolectó 10 días después de haber sucedido la aparición de primordios.

Leiva (2012) manifestó que con el uso de 0.0133 m^3 de sustrato pulpa de café (100 %) inoculado con micelio al 10 %, bajo condiciones controladas de temperatura entre 19 a 26 °C y humedad relativa promedia de 73 %, obtuvo mejores resultados de longitud del talo (4.86 cm), con respecto al resto de sustratos estudiados (4.23 cm olote de maíz, 4.55 cm vaina de fríjol y 0 aserrín), dato tomado a los 15 días después de la aparición de primordios. Girmay et al. (2016) lograron en su investigación 3.29 cm de longitud de talo, dato tomado 8 días después de la aparición de primordios, utilizando aserrín (100 %), manteniendo en la fase de fructificación una humedad relativa entre 80 a 85 % y temperaturas entre 22 a 25 °C. Otra investigación que cultivó hongo ostra utilizó un sustrato compuesto por 90 % aserrín de bolaina fresca y 10 % cáscara de cacao con temperaturas entre 25 a 27 °C y humedad relativa entre 80 a 88 % consiguiendo una longitud de talo de 1.80 cm de 2.72 cm (López, 2015).

Por otro lado, la menor longitud del talo se presentó en el sustrato de aserrín con 1.22 cm, dato tomado a los 5 días después de la aparición de primordios, usando cepa nativa HC-3 sobre sustrato compuesto por aserrín de bolaina 60 % y cáscara de sacha inchi 40 %, con humedad relativa entre 80 a 90 % (Vargas, 2015).

Tabla 7

Longitud del talo de P. ostreatus evaluados sobre tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos		Condiciones		Longitud talo (cm)	Edad talo (días) (DAP)	Fuentes
Tipo	**Razón (%)**	**T (°C)**	**HR (%)**			
Bagazo de caña (BC)						
BC	100	25	-	2.06	10	Valera, 2005
BC	75	18 - 19	80 - 85	4.50	8	Rivera et al., 2013
Salvado de trigo	23					
Cal	2					
BC	50	18 - 25	85 - 90	4.80	10	Borja y Segura, 2016
Paja de cebada	20					
Vaina de fréjol	16					
Salvado de quinua	12					
Carbonato de calcio	2					
BC	80	23.9	80.2	5.73	4	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo	20					
Pulpa de café (PC)						
PC	100	19 - 26	73	4.86	15	Leiva, 2012
Aserrín (A)						
A	100	25 - 27	80 - 88	1.80	5	Wisum, 2015
A	100	22 - 25	80 - 85	3.29	8	Girmay et al., 2016
A	60	-	80 - 90	1.22	5	Vargas, 2015
Cáscara de sacha inchi	40					
A	90	25 - 27	80 - 88	2.72	5	López, 2015
Cáscara de cacao	10					

Nota. DAP: después de la aparición de primordios.

4.2.3. Diámetro del carpóforo (cm).

El diámetro del carpóforo se relacionó con la edad del mismo, pues, este también varía con el tipo de sustrato. Los resultados del comportamiento (Tabla 8) muestran que el mayor diámetro alcanza en el bagazo de caña y el diámetro más pequeño se reporta en el sustrato de aserrín.

Vargas (2009); Ríos et al. (2010) quien utilizaron bagazo de caña al 100 %, manteniendo en la fase de fructificación 26 °C y una humedad relativa de 65 %, obteniendo un diámetro del carpóforo entre 5 a 12 cm a los 14 días después de la aparición de primordios. Sin embargo, otros autores produjeron los sombreros más pequeños como es el caso de Hoyos, Vargas y Mosquera (2012) quienes utilizaron bagazo de caña al 100 %, manteniendo temperaturas entre 18 a 19 °C y humedad relativa entre 80 a 85 %, presentando un diámetro del carpóforo entre 5 a 10 cm a los 10 días después de la aparición de primordios. Y el

diámetro más deficiente fue producido por Valera (2005) quien utilizó bagazo de caña de azúcar en descomposición (100 %), manteniendo una temperatura promedio de 25 °C y determinando 3.9 cm diámetro del carpóforo, dato recolectado a los 10 días después de la aparición de los primeros primordios.

Taboada (2011) presentó un diámetro promedio del carpóforo de 10.10 cm, a los 12 días después de la aparición de primordios, bajo condiciones controladas de temperatura de 18 a 26 °C y humedad relativa entre 85 a 95 %, usando 950 g de sustrato pulpa de café al 100 % inoculado con 50 g de semilla. Por otro lado, Leiva (2012) alcanzó un diámetro del carpóforo de 9.50 cm (a los 15 días después de la aparición de primordios) empleando una bolsa con 0.0133 m^3 de sustrato pulpa de café (100 %), con temperaturas de 22 a 25 °C y humedad relativa promedio de 73 %. Otros investigadores obtuvieron los sombreros más pequeños usando pulpa de café como es el caso de Bermúdez, García, Kekeli, & Serrano (2018) quienes mencionaron que las setas cosechadas empleando 500 g pulpa de café (100 %), temperatura promedio de 21 °C y humedad relativa de 95 %, dieron como resultado que las cepas CCEBI 3024 (a los 10 días después de la aparición de primordios) y CCEBI 3023 (8 días después de la aparición de primordios) cultivadas en bolsas, obtuvieran 4 y 5.6 cm de diámetro, respectivamente; mientras que, ocupando el mismo procedimiento en bandejas, las cepas CCEBI 3024 (a los 18 días después de la aparición de primordios) y CCEBI 3023 (8 días después de la aparición de primordios), obtuvieran 3.7 y 5.6 cm de diámetro, respectivamente.

Taboada (2011) experimentó en 1 700 g de aserrín, manteniendo temperaturas entre 18 a 26 °C, humedad relativa entre 85 a 95 %, lo cual generó un promedio de 11.34 cm de diámetro del carpóforo después de 5 a 6 días luego de la aparición de primordios. Datos aún mayores se registraron en Perú, donde utilizaron 195 g de bagazo de caña, 50 g de salvado de trigo, 2.5 g de cal, 2.5 g de azúcar, manteniendo en la fase de fructificación temperaturas de 18 °C y humedad relativa del 90 %, originando un diámetro promedio de 12 cm de carpóforo a los 10 días después de la aparición de primordios (Ancco, 2012). Y El cultivo que presentó los diámetros más deficientes del sombrero del hongo ostra, utilizó 100 % de aserrín de bolaina fresca, mantuvo en la fase de fructificación temperaturas entre 25.31 a 27 °C y humedad relativa de 80.8 a 88.6 %, condiciones que le ayudaron a conseguir un diámetro del carpóforo de 2.51 cm (Wisum, 2015).

Tabla 8

Diámetro del carpóforo de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos		Condiciones		Diámetro del carpóforo		Fuentes
Tipo	**Razón (%)**	**T (°C)**	**HR (%)**	**Tamaño (cm)**	**Edad (días)**	
Bagazo de caña de azúcar (BC)						
BC	100	25	-	3.9	10	Valera, 2005
BC	100	18 - 19	80 - 85	4.2	8	Rivera, 2012
BC	75	25 - 28	90	20	10	Rivera, Martínez y Morales, 2013
Salvado de maíz	23					
Cal agrícola	2					
BC	50	18 - 26	85 - 90	4.56	10	Borja y Segura, 2016
Paja de cebada	20					
Vaina de frejol	16					
Salvado de quinua	1					
Carbonato de calcio	2					
BC	100	18 - 19	80 - 85	5 - 10	10	Hoyos, Vargas y Mosquera, 2012
BC	100	23 - 28	80	8.42	-	Cárdenas, 2015
BC	100	24	-	9.08	5 - 6	Taboada, 2011
BC	78	18	90	10.50	10	Ancco, 2012
Salvado de trigo	20					
Cal	1					
Azúcar	1					
BC	100	26	65	5 -12	14	Vargas, 2009
BC	100	26	65	5 -12	14	Ríos, Hoyos y Mosquera, 2010
BC	80	10	-	14.73	4	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo	20					
Pulpa de café (PC)						
PC	100	21	95	4 – 5.6	10 - 8	Bermúdez et al., 2018
PC	100	21	-	6	17	Huerta, Martínez, Sánchez y Leal, 2009
PC	100	27	90 - 95	8	6	Puig, Crespo, Cardona, Matos y Serrano, 2020
PC	100	18.4	73.8	8.9	18	Bermúdez et al., 2005
PC	100	18.4	70-75	9.26	33	Bermúdez, García y Mourlot,, 2007
PC	100	18 - 26	85 - 95	10.10	12	Taboada, 2011
PC	100	22 - 25	73	9.50	15	Leiva, 2012
PC	100	19	80 - 90	9.26	7	García, 2008
Aserrín (A)						
Aserrín de bolaina fresca	100	25.31 - 27	80.8 - 88.	2.51	-	Wisum, 2015
Aserrín de bolaina fresca	90	27	80 - 88	3.56	-	López, 2015
Cáscara de cacao	10					
Aserrín de bolaina	60	27	80 - 88	7.3	28	Vargas, 2015
Cáscara de sacha inchi	40					
A	100	22 - 25	-	7.73	-	Girmay, Gorems, Birthanu & Zewdle, 2016
A	100	10 - 20	80 - 93	5.77	-	López et al., 2008; Hernández y López, 2006
A	100	26 - 28	60 - 65	6.8	10	Ahmed, Abdullah, Ahmed & Bhuyan, 2013

Aserrín compostado	90	26 - 28	60 - 65	1.85 - 6.57	-	Kortei et al., 2018
Salvado de trigo	10					
A	100	25 - 28	-	10	12	Yildiz, Yildiz, Gezer & Temiz, 2002
A	100	18 - 26	85 - 95	11.34	5 - 6	Taboada, 2011

4.2.4. Color y textura del carpóforo (a)

Los resultados en cuanto al color y textura del hongo *P. ostreatus* varían en dependencia al tipo de sustrato utilizado (Tabla 9). Utilizando 2 kg de bagazo de caña al 100 %, se recolectaron setas que durante los primeros días de fructificación fueron de color gris claro y disminuyó de intensidad a medida que creció, para finalmente ser blanco castaño con sabor agradable y textura superficie lisa, abombada y convexa (Hoyos et al., 2012). Por otro lado, estudios realizados por Rivera (2012); Rivera et al. (2013) señalaron que usando un tratamiento compuesto por 75 % de bagazo de caña panelera, 23 % de salvado de trigo y 2 % de cal agrícola, cosecharon hongos con textura carnosa y una coloración amarillo crema, lo cual demuestra que alcanzó su máximo crecimiento.

Varios autores como Bermúdez et al. (2007); Bermúdez et al. (2005) mencionaron que al cultivar hongos sobre sustrato pulpa de café (100 %), obtuvieron fructificaciones con coloración café claro y textura carnosa; de igual forma, García (2008) manifestó una coloración café claro y textura carnosa en los hongos, utilizando sustrato pulpa de café al 100 % (cepa CCEBI 3021 de *Pleurotus*). En general, cultivar hongos (CCEBI 3024 y CCEBI 3023) sobre diferentes biorreactores (bolsas y bandejas), utilizando sustrato pulpa de café al 100 %, las setas cosechadas no presentaron diferencias en su color, las cuales fueron blancas grisáceas y de textura carnosa (Bermúdez et al., 2018). Del mismo modo Puig et al. (2020) enunciaron que la cosecha de hongos usando 1 kg de pulpa de café (100 %) inoculada con semilla (CCEBI 3024) al 10 %, presentó una coloración blanca y textura carnosa. Por otro lado, la producción de hongos sobre 1 kg sustrato pulpa de café al 100 %, presentó una fructificación de color gris azul claro y textura carnosa y quebradiza (Huerta et al., 2009).

Con el uso del sustrato de aserrín, bolsas plásticas de 400 g de semilla con cepa HUTPL-329 colonizada en 1 lb de sustrato de aserrín (más carbonato de calcio al 1 % con respecto al peso del sustrato), los cuerpos fructíferos fueron cosechados al alcanzar una madurez adecuada cuando poseían una coloración blanca- grisácea y textura carnosa e hidratada (Cruz et al., 2020). Del mismo modo, varios autores como Wisum (2015); López (2015); (Vargas, 2015) efectuaron una producción de *P. ostreatus* aplicando 2 riegos diarios

por aspersión a razón de 50 ml de agua, intensidad lumínica de 60 a 500 unidades lux durante 8 a 12 h diarias, generando que las características del carpóforo presenten un sombrero compacto con una coloración blanca en sustratos de 1 kg (aserrín de bolaina fresca al 100 %), (90 % aserrín de bolaina fresca y 10 % cáscara de cacao) y (aserrín de bolaina al 60 % y cáscara de sacha inchi al 40 %), respectivamente, y 20 g de semilla.

Tabla 9

Color y textura del carpóforo de P. ostreatus evaluados sobre tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos		**Color carpóforo**	**Textura del carpóforo**	**Fuentes**
Tipo	**Razón (%)**			
Bagazo de caña (BC)				
BC	100	blanco castaño	superficie lisa, abombada y convexa	Hoyos et al., 2012
BC	75	amarillo crema	carnosa	Rivera, 2012; Rivera et al., 2013
Salvado de trigo	23			
Cal	2			
Pulpa de café (PC)				
PC	100	café claro	carnosa	Bermúdez et al., 2007; Bermúdez et al., 2005
PC	100	café claro	carnosa	García, 2008
PC	100	blancas grisáceas	carnosa	Bermúdez et al., 2018
PC	100	Blanco	carnosa	Puig et al., 2020
PC	100	gris azul claro	carnosa y quebradiza	Huerta et al., 2009
Aserrín (A)				
A	100	blanca- grisácea	carnosa e hidratada	Cruz et al., 2020
A	100	Blanco	compacta	Wisum, 2015
A	60	blanco a rosado	compacta	Vargas, 2015
Cáscara de sacha inchi	40			
A	90	Blanco	compacta	López, 2015
Cáscara de cacao	10			

Respuestas fisiológicas

4.2.5. Días y porcentaje a la colonización en sustrato (n/%).

Los resultados de colonización del hongo ostra varían entre 10 a 49 días hasta que el micelio cubra completamente el sustrato (100 %) como se muestra en la Tabla 10, siendo la pulpa de café el sustrato con mayor precocidad, por el contrario, el aserrín es el que más tardó en ser colonizado por el hongo.

Sarasti y Muelas (2008) realizaron un cultivo de hongos comestibles (ostra) sobre pulpa de café al 100 %, con de 3 % inóculo con respecto a 3 kg de peso del sustrato, a temperatura promedio de 19 °C y humedad del ambiente a 85 %, condiciones que

determinaron una colonización total más precoz a los 10 días luego de la siembra; similares resultados de precocidad (colonización del 100 % en un periodo de 13 días aproximadamente) registran autores como Bermúdez, García, Kekeli y Serrano (2018), utilizando 500 g de peso húmedo de sustrato (pulpa de café 100 %) inoculado al 10 % con cepa CCEBI 3024, bajo una temperatura de 25 °C y humedad del ambiente a 95 %. Por otra parte, la producción del hongo ostra en pulpa de café al 100 %, usando bolsas con 100 g de sustrato inoculadas con 1 cm^2 de agar - micelio cepa ESC 152 y una temperatura promedio de 26 °C, presentó una colonización total (100 %) a los 30 días, desde que el sustrato fue inoculado (Calderón, 2009). García (2008) utilizó bolsas de 2 kg de pulpa de café (100 %) inoculadas con 10 % de semilla cepa CCEBI 3024, con temperatura promedio de 25 °C, alcanza una colonización del 80 % en un periodo de 25 días; otra investigación evaluó el crecimiento del hongo ostra a temperatura de 24 a 28 °C, inoculando 50 g de semilla en 950 g de pulpa de café, dando como resultado una colonización de 100 % a los 25 días de sembrado (Taboada, 2011).

El cultivo de *P. ostreatus* bajo condiciones de invernadero (18 a 20 °C), utilizando 2 kg de sustrato de bagazo de caña (100 %) y 4 % de micelio, alcanzó una colonización más precoz de 91.33 % a los 16 días, en este tipo de sustrato (Vargas, 2009). Resultados iguales de colonización publicaron Hoyos, Vargas y Mosquera (2012) bajo similares condiciones experimentales (25 a 28 °C y 90 a 95 % de humedad). Por el contrario, Díaz et al. (2019) quienes evaluaron la producción del hongo sobre bagazo de caña al 100 % (200 g) y 20 g de inóculo con la cepa ICFC 153/99, a una temperatura promedio de 28 °C, alcanzando una colonización completa del sustrato en un periodo de 40 a 43 días. Otra investigación con similares resultados es la realizada por Moreno (2019), quien señala que la producción de hongos ostra (cepa WC 923) con niveles de temperatura de 24 a 26 °C, humedad relativa de 70 a 80 %, y con una siembra de 25 g (2.5 %) de semilla por 1 kg de sustrato (bagazo de caña 83 %, salvado de maíz 15 % y carbonato de calcio 2 %), presentó una colonización del 100 % a los 40 días.

En lo que respecta el cultivo de hongo ostra sobre sustrato de aserrín, Yildiz, Yildiz, Gezer & Temiz (2002) expresaron que la producción en 1 kg sustrato de aserrín (100 %) con 4 % de micelio, en condiciones de temperatura entre los 25 a 28 °C, generó una completa colonización (100 %) a los 15 días. Resultados similares fueron publicados por Vargas (2015), quien alcanzó una colonización del 100 % a los 16 días, usando bolsas de 1 kg de sustrato (aserrín de bolaina 60 % y cáscara de sacha inchi 40 %) inoculado con 20 g de

semilla. Por su parte, Shah et al. (2004) cultivando el hongo *Pleurotus* en aserrín al 100 % inoculado con semilla al 5 %, a una temperatura promedio de 25 °C, alcanzó una colonización completa en un periodo de 17 días.

Por otro lado, comportamiento menos precoz en colonización obtuvieron Santillán y Morocho (2018), quienes utilizaron sustrato (80 % aserrín de pigüe y 20 % afrecho de trigo), en bolsas de 2 kg inoculadas con *P. ostreatus* al 5 %, el cual se desarrolló a una temperatura promedio de 27 °C y humedad relativa promedio de 76 %, condiciones que lograron una colonización del 100 % en un intervalo de 47 a 49 días. Una investigación utilizando 776 g de aserrín (100 %) inoculado con semilla 38.8 g de *Pleurotus*, bajo condiciones de temperaturas entre 7 a 34 °C y humedad relativa entre 31 a 100 %, provocó que el micelio colonice al 100 % en un periodo de 42 días (Garzón y Cuervo, 2008).

Tabla 10

Días y porcentaje a la colonización en sustrato del P. ostreatus evaluado en tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos			**Dosis de inoculación**	**Condiciones**		**Colonización**		**Fuentes**
Tipo	**Cant (kg)**	**Razón (%)**		**T (°C)**	**HR (%)**	**Tiempo (días)**	**Avance (%)**	
Bagazo de caña de azúcar (BC)								
BC	2	100	4 %	18 - 20	-	16	91,33	Vargas, 2009
BC	2	100	4 %	25 - 28	90 - 95	16	91,33	Hoyos, et al., 2012
BC	0.4	100	4 %	25 - 28	90	20	100	Ríos et al., 2010
BC	1	78	3 g	24	80	28	100	Ancco, 2012
Salvado de trigo		20						
Azúcar		1						
Cal		1						
BC	2	75	5 %	17	-	30	92	Rivera, Martínez y Morales, 2013
Salvado de maíz		23						
Cal		2						
BC	3	100	150 g	21	70 - 80	30 - 37	100	Cárdenas, 2015
BC	3	57	5 %	7 - 34	31 - 100	35	100	Acevedo, 2017)
Aserrín		30						
Mogolla		10						
Azúcar		3						
BC	0.28	100	5 %	7 - 34	31 - 100	36	100	Garzón y Cuervo, 2008
BC	2	80	3.5 %	27	76.3	39	100	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo		20						
BC	1	83	2.5 %	24 - 26	7 - 80	40	100	Moreno, 2019
Salvado de maíz		15						
Cal		2						

BC	0.2	100	20 g	28	-	40 - 43	100	Díaz et al., 2019
BC	25	80	2.5%	-	-	28	100	MushWorld (2005)
Cal		10						
Semilla de maíz molida		10						
Pulpa de café (PC)								
PC	3	100	3 %	19	85	10	100	Sarasti y Muelas, 2008
PC	11.33	100	-	18 - 26		15	100	Mejía et al., 2019
PC	1	100	50 g	25	-	15	100	Mata, Ortega y Pérez, 2011
PC	0.20	100	10 g	27	-	16	100	Salmones et al., 2005
PC	0.50	100	10 %	25	70 - 75	18	100	García et al., 2005 y 2006
PC	1	100	10 %	24 - 25	80 - 92	18	100	Puig et al., 2020
PC	1	100	10 %	25 - 26	-	20	100	Nieto et al., 2019
PC	1	100	5 %	30	-	20	100	Mendoza et al., 2019
PC	0.5	100	10 %	25	70 - 75	20	100	Bermúdez et al., 2007
PC	2	100	10 %	24 - 28	-	25	100	García et al., 2006.
PC	0.95	100	50 g	25 - 28	-	25	100	Taboada, 2011
PC	0.10	100	1 cm^2 agar	24 - 28	-	30	100	Calderón, 2009
Aserrín (A)								
A	1	100	4 %	25 - 28	-	15	100	Yildiz et al., 2002
Aserrín de bolaina	1	60	20 g	-	-	16	100	Vargas, 2015
Cáscara de sacha inchi		40						
A	1	100	5 %	25	-	17	100	Shah et al., 2004
A	1	75	30 g	24 - 26	70 - 80	18	100	Hernández y López, 2006
Salvado de trigo		20						
Azúcar		4						
Cal		1						
Aserrín de roble	1	75	30 g	25 - 26	70 -80	18	100	López, Hernández, Suárez y Borrero, 2008
Salvado de trigo		28						
Azúcar		4						
Cal		1						
A	1	100	80 g	25	-	20	100	Girmay et al., 2016
A	1	100	30 g	24	80	20	100	Ancco, 2012
A	0.5	100	6 %	23	71 - 76	20	100	Martínez, Garzón, Henao y Franco, 2008
A	0.14	100	50 g	20 - 26	70	23	100	Villacís, 2017
Aserrín de bolaina	1	100	20 g	26 - 28	77 - 82	28	100	Wisum, 2015
Aserrín de bolaina	1	90	2 %	27	80 - 88	28	100	López, 2015
Cáscara de cacao		10						
Aserrín de bambú	0.6	100	10 g	22 - 24	65 a 70	28	100	Yamauchi et al., 2018
A	1	100	50 g	27	-	30	100	Hernandez, 2020
Aserrín compost	1	90	5 g	26 - 28	60 - 65	20 - 34	100	Kortei et al., 2018
Salvado de trigo		10						
A	0.45	100	400 g	27	-	38	100	Cruz et al., 2020
A	0. 776	100	38. 8 g	7 - 34	31 - 100	42	100	Garzón y Cuervo, 2008
Aserrín de pigue	2	80	3. 5 %	27	76	47 - 49	100	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo		20						

4.2.6. Días al aparecimiento de los cuerpos fructíferos del hongo (n)

Los resultados de días al aparecimiento de los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* varían entre 18 a 58 días después de la siembra, donde se puede evidenciar que de los tres sustratos evaluados el más precoz es la pulpa de café y el menos precoz el bagazo de caña (Tabla 11).

Puig et al. (2020) utilizaron 1 kg de pulpa de café (100 %), inoculado con semilla al 10 % del peso húmedo del sustrato, manteniendo temperaturas de 18.4 a 27 °C, presentando la aparición de primordios más precoz a los 18 días luego de la inoculación. García et al. (2006) utilizaron 500 g de pulpa de café al 100 % (peso húmedo), inoculado con el 10 % de micelio, manteniendo temperaturas de 25 °C y humedad relativa entre el 70 a 75 %, presentando la aparición de primordios a los 22 días después de la inoculación del sustrato. Similares resultados se obtuvieron utilizando 200 g pulpa de café al 100 %, y 10 g semilla en un ambiente controlado con temperatura de 24 °C, humedad relativa de 84 %, desarrollaron un aparecimiento de primordios para la cepa IE-38 de 25 días y en la cepa IE-49 de 24 días. Por otro lado, empleando 1 kg de sustrato pulpa de café al 100 % inoculado con 50 g de micelio, con temperatura de 20 a 28 °C y humedad relativa de 85 %, el tiempo de aparición de primordios fue de 40 días después de haber inoculado la cepa IE–38 (Mata et al., 2011). De igual forma existen estudios donde los días al aparecimiento de primordios es más largo (43 días), tiempo transcurrido desde la siembra del cultivo, usando 1 kg de pulpa de café al 100 % con 50 g de inóculo, manteniendo una temperatura promedio de 18.4 °C y humedad relativa promedio de 73.8 % (Bermúdez et al, 2005).

Shah et al. (2004) expresaron que al usar 1000 g de aserrín al 100 %, inoculado con semilla al 5 %, con temperatura de fructificación entre 17 a 20 °C, obtuvieron un aparecimiento de primordios a los 24.33 días desde que inició la siembra del cultivo. De igual manera, Martínez et al. (2008) utilizaron una mezcla de 500 g de sustrato de aserrín al 100 % inoculado con semilla de *P. ostreatus* al 6 %, humedad relativa entre 65 a 75 % y temperatura promedio de 23.1 °C, permitiendo una aparición de primordios a los 26 días de haberse iniciado el ciclo de cultivo. Por otro lado, una investigación utilizando 400 g de semilla cepa HUTPL-329 colonizada en 0.45 kg de sustrato de aserrín, con temperatura de 24 a 26 °C y humedad entre 60 a 90 %, provocando una aparición de primordios a los 45 días desde el inicio del ciclo de cultivo (Cruz et al., 2020).

Por otro lado, Vargas (2009) utilizó 2 kg de sustrato a base de bagazo de caña (100 %), con un porcentaje de inoculación del 4 %, la fase de fructificación se realizó a una temperatura de 18 a 19 °C y una humedad relativa entre 80 a 85 %, obteniendo así, una aparición de primordios a las 4 semanas (28 días) de haberse iniciado el ciclo de cultivo. También se reportan estudios en donde se utilizó 1 kg de bagazo de caña al 100 %, inoculado con 10 % de semilla de *P. ostreatus*, cultivado a temperaturas entre 22 a 28 °C, obteniendo una aparición de primordios a los 30 días después de haberse iniciado la siembra (Adebayo, et al., 2021).

Por otro lado, periodos más largos para la aparición de cuerpos fructíferos obtuvieron Santillán y Morocho (2018) quienes utilizaron 2 kg de sustrato compuesto por 80 % bagazo de caña enriquecido con 20 % afrecho de trigo, inoculadas con *P. ostreatus* al 3.5 %, la fase de fructificación se desarrolló a una temperatura promedio de 23.9 °C y humedad relativa de 80.2 %, logrando una aparición de primordios a los 58 días después de haberse iniciado el ciclo de cultivo. De igual forma, Moreno (2019) presentó una aparición de primordios a los 52 días desde que se inició la siembra del cultivo, usando 25 g de semilla (inoculación de 2.5 %), por bolsa de 1 kg de bagazo (bagazo de caña 83 %, salvado de maíz 15 % y carbonato de calcio 2 %) y manteniendo temperaturas entre 18 a 20 °C y humedad relativa entre 80 a 93 %.

Tabla 11

Aparecimiento de los cuerpos fructíferos (días) de P. ostreatus en tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos			**Dosis de inoculación**	**Condiciones**		**ACF (DDS)**	**Fuentes**
Tipo	**Cant (kg)**	**Razón (%)**		**T (°C)**	**HR (%)**		
Bagazo de caña (BC)							
BC	2	100	4 %	18 - 19	80 – 85	28	Vargas, 2009
BC	1	100	10 %	22 - 28	-	30	Adebayo, et al., 2021
BC	0.28	100	5 %	7 – 31.5	33 - 100	39	Garzón y Cuervo, 2008
BC	3	100	150 g	23 - 28	80	44	Cárdenas, 2015
BC	2	50	4 %	18 - 25	85 – 90	31	Borja y Segura, 2016
Paja de cebada		20					
Vaina de fréjol		16					
Salvado de quinua		12					
Carbonato de calcio		2					
BC	1	83	2.5 %	18 - 20	80 – 93	52	Moreno, 2019
Salvado de maíz		15					
C Carbonato de calcio		2					

BC	2	80	20 %	23.9	80.2	58	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo		20					
Pulpa de café (PC)							
PC	1	100	10 %	18.4 – 27	-	18	Puig et al., 2020
PC	0.5	100	10 %	25	70 - 75	22	García et al., 2006
PC	0.2	100	10 g (IE-49 Y IE-38)	24	84	24 y 25	Salmones et al, 2005
PC	0.5	100	10	18.4	85 - 95	26	Bermúdez et al.,2007 y Bermúdez, García, Gross y Serrano, 2001
PC	0.95	100	10 %	18 - 26	85 - 95	28	Taboada, 2011
PC	2	100	10 CCEBI 3024	20 - 21	86 - 96	25	García, 2008
PC	0.1	100	1 cm2 de agar - micelio cepa ESC 152	26	-	34	Calderón, 2009
PC	1	100	50 g (cepa IE–38)	20 - 28	85	40	Mata et al., 2011
PC	1	100	50 g	18.4	73.8	43	Bermúdez et al., 2005
Aserrín (A)							
A	1	100	5 %	17 - 20	-	24	Shah et al.,2004
A	0.5	100	6 %	23.1	65 - 75	26	Martínez et al.,2008
A	0.14	100	50 g	18 - 23	85	28	Villacís (2017)
A	1	100	80 g (cepa M2153)	25	80 - 85	29	Girmay et al., 2016
A	1	100	5 %	27	-	30	Hernández, 2020
A	1	100	10 %	22 - 28	-	30	Adebayo, et al., 2021
A	1	78	3 g	18	90	31	Ancco, 2012
Salvado de trigo		20					
Azúcar		1					
Cal		1					
A	0.4	100	400 g (cepa HUTPL-329)	24 - 26	60 - 90	49	Cruz et al., 2020

Nota. ACF= aparecimiento de cuerpos fructíferos, DDS= días después de la siembra.

4.2.7. Días a la cosecha (n).

La variable días a la cosecha se tomó a partir de la siembra hasta la primera cosecha, los resultados de esta variable (Tabla 12), indican claramente que el comportamiento varió en un amplio rango que va de 17 a 77 días, aunque los valores promedios para cada sustrato son 30, 36 y 41 días, en pulpa de café, aserrín y bagazo de caña, respectivamente La pulpa de café muestra el mejor comportamiento, mismo que se respalda con las aseveraciones de Martínez, Sánchez, y Leal (2009), quienes realizaron la primera cosecha de *P. ostreatus* a los 17 días, usando 1 kg de pulpa de café (100 %) inoculado con 50 g de semilla cepa (CFR) silvestre. Según otros estudios, Sarasti y Muelas (2008) expresaron que el cultivo de hongos ostra sobre pulpa de café al 100 %, con 3 % de inóculo respecto a 3 kg de peso del sustrato, tuvo un periodo de 22 días a la primera cosecha, luego de la siembra. Por otro lado, Calderón

(2009) mencionó que, inoculando 1 cm2 de agar-micelio por cada 100 gramos de pulpa de café al 100 %, logró que la primera cosecha se realice a los 39 días luego de la siembra.

Rivera (2012) utilizó bagazo de caña (75 %), salvado de maíz (23 %) y cal agrícola (2 %) inoculado al 5 % del peso húmedo del sustrato, obteniendo a los 24 días la primera cosecha desde que empezó la siembra. Otros autores como Hoyos, Vargas, y Mosquera (2012) quienes ocuparon 1 kg de bagazo de caña puro inoculado con 4 % de semilla de hongo ostra, obteniendo a los 28 días la primera cosecha justo después de la siembra. Con resultados altamente tardíos a los días de cosecha Cárdena (2015) demostró que al cabo de 77 días se realizó la primera cosecha desde la siembra, utilizando 3 kg de bagazo de caña (100 %), inoculado con 150 g de semilla de *P. ostraeatus*.

Martínez et al. (2008) utilizó 500 g de aserrín al 100 % inoculado con el 6 % de *P. ostreatus*, obteniendo a los 29 días la primera cosecha, justo después de haber iniciado el ciclo de cultivo. Por otro lado, se utilizó aserrín al 100 % con 140 g de sustrato más 50 g de semilla, realizando a los 34 y 35 días la primera cosecha desde el inicio del ciclo de cultivo (Villacís, 2017). Otra investigación, utilizó 1 kg de aserrín al 100 % inoculado con 80 g de semilla cepa M2153, alcanzando a los 37 día la primera cosecha, desde que se inició del ciclo de cultivo (Girmay et al., 2016). De igual forma, otra producción utilizó 159 g de aserrín (100 %) inoculado con semilla al 5 % con cepa LGAM IK1123 de *P. ostreatus*, obteniendo a los 46 días la primera cosecha, desde el inicio de la siembra (Koutrotsios, Mountzouris, Chatzipavlidis & Zervakis, 2014). Por otro lado, otra investigación utilizó aserrín al 100 % con peso de 776 g y 38.8 g semilla de *P. ostreatus*, generando a los 39 días la primera cosecha, desde el inicio de la siembra (Garzón y Cuervo, 2008).

Tabla 12

Días a la primera cosecha de Pleurotus ostreatus, en tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos			Dosis de inoculación	Días a la primera cosecha	Fuentes
Tipo	**Cant (kg)**	**Razón (%)**			
Bagazo de caña de azúcar (BC)					
BC	1	75	5 %	24	Rivera (2012)
Salvado de maíz		23			
Cal agrícola		2			
BC	1	100	4 %	28	Hoyos, J. L., Vargas, P. S., y Mosquera, S. A, 2012
BC	1	100	2. 5 %	56.3	Moreno, 2019
BC	3	100	150 g	77	Cárdena, 2015
BC	2	80	3.5 %	24	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo		20			
Pulpa de café (PC)					
PC	1	100	50 g	17	Huerta, G., Martínez, C. D., Sánchez, J. E., y Leal, L. H, 2009
PC	3	100	3 %	22	Sarasti y Muelas, 2008)
PC	1	100	10 %	24	Puig, Crespo, Cardona, Matos y Serrano, 2020
PC	0.50	100	10 %	25	García, Bermúdez y Serrano (2011)
PC	0.95	100	50 g	32 - 37	Taboada, 2011
PC	0.20	100	10 g	35	Salmones, Pérez y Mata (2006)
PC	4	100	10 %	37	García (2008)
PC	1	100	10 %	27	Nieto, J. J. I., Cuzcano, R. Á. D., y Reyes, L. W. A, 2019
PC	1.33	100	-	30	Mejía, D. M. G., Ardón, J. A. H., Paz, E. S. F., y Archila, A. V. C. H, 2019
PC	0.013 3 m3	100	10 %	40	Leiva, 2012
PC	0.10	100	1 cm^2 de agar	39	Calderón, 2009
Aserrín (A)					
A	0.5	100	6 %	29	Martínez, P. N., Garzón, J. E., Henao, W., y Franco, A. G, 2008
A	0.14	100	50 g	34 - 35	Villacís, 2017
A	1	100	50 g	34	Hernández, 2020
A	1	100	80 g	37	Girmay, Gorems, Birthanu & Zewdle, 2016
A	0.159	100	5 %	46	Koutrotsios, Mountzouris, Chatzipavlidis & Zervakis, 2014
A	0.776	100	38. 8 g	39	Garzón y Cuervo, 2008

Las investigaciones recopiladas en el presente estudio bajo condiciones contraladas mostraron que en la fase de incubación del hongo ostra, la cantidad de inóculo recomendado debe variar entre 3 a 10 % de semilla para un kg de sustrato, y que no se debe sobrepasar temperaturas entre los 18 a 34 °C y la humedad relativa debe permanecer entre 30 a 100 %, mientras que durante la fase de fructificación la temperatura debe oscilar entre 18 a 30 °C, con un máximo de humedad relativa entre 60 a 95 %. Por lo tanto, se puede argumentar que *P. ostreatus* es un hongo que puede desarrollarse con normalidad en zonas templadas, tropicales y subtropicales.

Díaz et al. (2019) enunciaron que el contenido de celulosa y lignina de los residuos agrícolas juegan un papel importante en el desarrollo de *P. ostreatus* debido a que son su fuente de carbono directa. Los residuos lignocelulósicos usados en este estudio reportaron un contenido promedio de celulosa, hemicelulosa y lignina con porcentajes en base a su peso seco, en el caso de bagazo de caña compuesto por celulosa 50 %, hemicelulosa 25 % y lignina 25 %, pulpa de café compuesto por celulosa 19.5 %, hemicelulosa 2.5 % y lignina 24.9 %, y serrín compuesto por celulosa 53.49 %, hemicelulosa 12.45 % y lignina 28 28 %. Por lo que se presentan como buenos sustratos para el desarrollo de *P. ostreatus*.

La pulpa de café se mostró como el sustrato que genera mejores respuestas morfofisiológicas para *P. ostreatus*, ya que coloniza el total del sustrato a los 10 días de la siembra, luego de 8 días presenta aparición de cuerpos fructíferos, con alrededor de 148 talos por cosecha que miden 4.86 cm de longitud, y 10.10 cm de diámetro del carpóforo. Seguido del sustrato de aserrín que coloniza todo el sustrato a los 15 días, luego de 9 días presenta la aparición de cuerpos fructíferos, con 19 talos por cosecha de 3.29 cm de longitud, y 11.34 cm de diámetro del carpóforo. Por último, con resultados casi similares se ubicó al sustrato bagazo de caña que mostró una colonización total a los 16 días luego de la siembra, una aparición de cuerpos fructíferos 12 días después, con 17.86 talos (por cosecha) de 2.6 cm de longitud y 5.12 cm de diámetro del carpóforo.

4.3. Rendimiento productivo de *P. ostreatus* cultivado de forma independiente en los sustratos lignocelulósicos: bagazo de caña de azúcar, pulpa de café y aserrín.

Se utilizó 52 publicaciones (rendimiento productivo de *P. ostreatus*) las cuales respaldan al segundo objetivo de esta investigación. Los resultados recolectados mostraron que el aporte de cada país va de 1 a 12 publicaciones (Figura 12), siendo Colombia el país que contiene la mayor cantidad de datos; entre tanto que Ecuador evidenció solo cinco

publicaciones. Autores como Rodríguez y Jaramillo (2004); Díaz et al. (2019) mencionaron que la gran cantidad de información sobre la producción de hongos en Colombia está directamente relacionada con la abundancia de residuos agrícolas (bagazo de caña y pulpa de café) que se generan permanentemente y que son considerados subproductos contaminantes y de muy baja importancia económica, pero que estos países han decidido darle un nuevo uso para el cultivo de hongos.

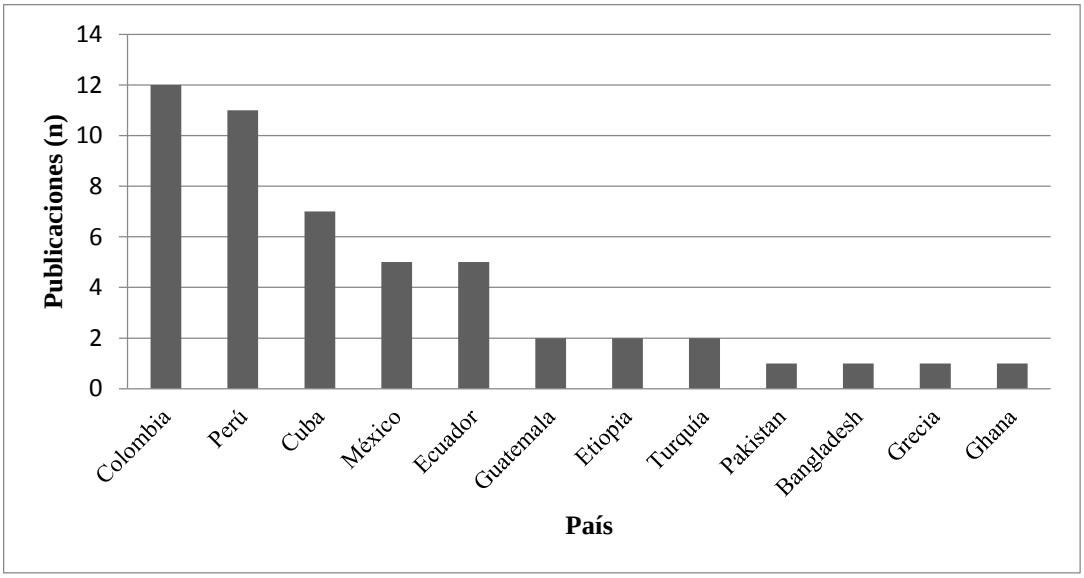


Figura 12. Publicaciones por país sobre del rendimiento productivo de *P. ostreatus* (recolectados en este estudio), durante el periodo 2001 a 2021

4.3.1. Rendimiento de P. ostreatus (Kg/unidad de producción)

El rendimiento del hongo se registró con referencia a la cantidad y tipo de sustrato y número de cosechas realizadas (Tabla 13). Donde se puede evidenciar que, de los tres sustratos evaluados, el bagazo de caña presenta el mayor peso de hongo producidas del total de ciclos de cosechas efectuadas.

Cárdenas (2015) usó 3 kg de bagazo de caña al (100 %) inoculado con 150 g de semilla, consiguiendo 2142 g de hongos frescos en tres cosechas realizadas. De igual forma, una investigación realizada por Vargas (2009) utilizó 2 kg de bagazo de caña (100 %) con inoculo del 4 %, presentó tres cosechas, obteniendo 248.33 g, 228.33 g y 121.67 g durante la primera, segunda y tercera cosecha respectivamente con una producción total de 598.33 g de hongos frescos. Por otro lado, Toboada (2011) aplicó 850 g de bagazo de caña de azúcar (100 %) inoculada con 50 g de micelio de *Pleurotus ostreatus*, consiguiendo 83.68 g de hongos frescos en la primera cosecha, 33.98 g en la segunda, con un total de 117.65 g. de

manera similar, Moreno (2019) empleó 1 kg de bagazo de caña (100 %) inoculado con 2.5 g de micelio, arrojando 175.4 g de hongos frescos en la primera cosecha y 164.5 g en la segunda, obteniendo un total de 339.9 g.

El cultivo de hongos ostra sobre sustrato pulpa de café (100 %) desarrollada en Cuba, utilizando la cepa CCEBI 3021 generó hasta tres cosechas, generando 400 g de hongos/ cosecha por cada bolsa de 2 kg de sustrato (García, 2008). Así mismo, durante la producción de hongos se obtuvo hasta cuatro cosechas generando 484 g de setas durante la primera cosecha, 220 g, 107 g y 31 g, en 1.5 kg de sustrato de pulpa de café al 100 % CCEBI 3024 (García et al., 2006). Por otro lado, la producción de hongos en sustrato pulpa de café (100 %) bajo condiciones controladas, generó 2 cosechas, obteniendo durante la primera cosecha la siguiente cantidad de setas para la cepa CCEBI 3024 (507.2 g) y cepa CCEBI 3023 (497.1 g) cultivadas en bolsas (Bermúdez et al., 2018); del mismo modo, Calderón (2009) en 100 g de pulpa de café (100 %) obtuvo 2 cosechas por ciclo de vida del hongo obteniendo una cantidad de 192.3 g de setas durante la primera cosecha y una cantidad de 192.3 g de setas durante la segunda.

Por otro lado, el aserrín fue el sustrato menos eficiente con respecto al resto de sustratos evaluados, ya que al ocupar 1 kg de aserrín de bolaina fresca al 100 % con 2 % de semilla, se obtuvo un total de 12.85 g de hongos frescos en tres cosechas realizadas (4.28 g por cosecha) (Wisum, 2015). En cambio, Martínez et al. (2008) obtuvo tres cosechas con el sustrato de aserrín al 100 % (500 g) con micelio al 6 %, el cual arrojó 69.37 g de hongos frescos/ 3 cosechas.

Tabla 13

Rendimiento de P. ostreatus (Kg/unidad de producción) en tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos			Cosechas (n)	Rendimiento kg		Fuentes
Tipo	**Cant (kg)**	**Razón (%)**		**Ciclos**	**Peso total**	
Bagazo de caña (BC)						
BC	1	100	2	0.17	0.33	Moreno, 2019
				0.16		
BC	0.85	100	2	0.08	0.11	Toboada, 2011
				0.03		
BC	1	100	3	0.17	0.53	Aguinaga, 2012
				0.17		
				0.18		
BC	2	100	3	0.24	0.48	Hoyos et al., 2012
				0.22		
				0.01		
BC	2	100	3	0.24	0.59	Vargas, 2009
				0.22		
				0.12		
BC	3	100	3	-	2.14	Cárdenas, 2015
BC	1	78	3	-	0.38	Ancco, 2012
Salvado de trigo		20				
A Azúcar		1				
Cal		1				
Pulpa de café (PC)						
PC	3.5	100 CCEBI 3024	2	-	0.50	Bermúdez et al., 2018
PC	3.5	100 CCEBI 3023	2	-	0.49	
PC	1	100	2	0.25	0.41	Puig et al., 2020; Huerta et al., 2009
				0.16		
PC	0.1	100	2	-	0.38	Calderón (2009)
PC	3	100	2	0.25	0.41	Sarasti y Muelas, 2008
				0.16		
PC	2	100 CCEBI 3021	3	-	1.2	García, 2008
PC	1.5	100 CCEBI 3024	4	0.48	0.84	García et al., 2006
				0.22		
				0.10		
				0.03		
Aserrín (A)						
A	0.5	100	3	-	0.06	Martínez et al., 2008
A	1	100	3	-	0.01	Wisum, 2015

4.3.2. Eficiencia biológica de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos

La eficiencia biológica (EB) se calcula en base al peso fresco del hongo sobre peso seco del sustrato, expresado en porcentaje. Los resultados del comportamiento de esta variable (Tabla 14) muestran que la EB varía entre 2.67 % hasta 221.1 %. De acuerdo con

los valore promedios, el sustrato a base de pulpa de café supera en eficiencia (108 %), a bagazo de caña (54,69 %) y aserrín (38,95 %). El bagazo de caña de azúcar alcanzó el mayor valor en condiciones como expone Vargas (2009), quien usó bolsas con 2000 g de bagazo de caña (peso seco) obteniendo 4 420 g de setas frescas y una eficiencia biológica de 221.1 %. Por otro lado, Ríos, Hoyos y Mosquera (2010) presentaron una eficiencia biológica promedio de 123 %, usando bolsas con 1160.9 g de bagazo (sustrato seco) con 4 % de micelio con respecto al peso de la bolsa, de tal forma que se obtuvo 1428 g de setas frescas. Otra investigación ocupó bolsas de 1047.45 g (peso seco) de bagazo de caña al 100 %, inoculada con 40 g de *Pleurotus*, obteniendo un total de 905 g de setas frescas, logrando una eficiencia biológica de 86.4 % (Fernández, 2014). La EB más bajas fue descrita por Garzón y Cuervo (2008) quienes ocuparon 559 g de bagazo de caña de azúcar, inoculado con 14 g de semilla, lo cual ayudo a producir 58.2 g hongos frescos, determinando una eficiencia biológica de 10.4 %.

En lo que respecta el cultivo de hongos ostra sobre sustrato de aserrín realizado por Bermúdez et al., (2007) quienes usaron 431 g de sustrato de pulpa de café (100 %) cepa 3021 CCEBI y 881 g de setas frescas, demostrando una eficiencia biológica alta de 204.4 %. Similares resultados de EB fueron publicados por Bermúdez et al. (2005) quienes usaron 1 kg de pulpa de café (100 %) con 50 g de inóculo cepa CCEBI 3021, produciendo 881 g de setas frescas, arrojando una eficiencia biológica de 204 %. Por otra parte, García et al. (2011) enunciaron que la producción de hongos bajo condiciones controladas les permitió conseguir una eficiencia biológica de 168 % y 842.5 g de setas frescas por cada 500 g sustrato seco en pulpa de café al 100 %. Similares resultados fueron producidos por García et al. (2006) quienes cultivaron hongos sobre 412 g de sustrato pulpa de café (100 %) CCEBI 3024, generó una eficiencia biológica de 204.36 % y 842 g de setas frescas. Otra investigación realizada por Torres et al. (2013) expresó que dicha producción con temperatura de 115 °C, 20 % de inóculo y 150 g de sustrato seco pulpa de café al 100 % por bolsa de polietileno transparente y un total de 200.4 g de setas frescas, presentó una eficiencia biológica de 133.6 %.

Por otra parte, los sustratos con menor EB utilizando aserrín fueron presentador por: Puig, Crespo, Cardona, Matos y Serrano (2020) quienes mantuvieron su producción bajo condiciones controladas y usaron 1249.63 g de pulpa de café al 100 %, obteniendo una eficiencia biológica de 68.02 % y 850 g de setas frescas. Otros autores como Sarasti y Muelas (2008) expresaron que el cultivo de hongos ostra sobre pulpa de café al 100 %, respecto a

900. 86 g de peso seco del sustrato, obtuvieron eficiencias biológicas de 46.4 % y 418 g de setas frescas. Sarasti y Muelas (2008) expresaron que el cultivo de hongos ostra sobre pulpa de café al 100 %, con 3 % de inóculo respecto a 900. 86 g de peso seco del sustrato, obtuvieron eficiencias biológicas de 46.4 % y 418 g de setas frescas. Otra investigación realizada por Sarasti y Muelas (2008) expresaron que el cultivo de hongos ostra sobre pulpa de café al 100 %, con 3 % de inóculo respecto a 900. 86 g de peso seco del sustrato, obtuvieron eficiencias biológicas de 46.4 % y 418 g de setas frescas.

De igual forma, en sustrato de aserrín se expresan las mejores EB como es el caso de Kurt & Buyukalaca (2010) quienes realizaron un experimento utilizando 292.34 g de aserrín al 100 %, inoculado con semilla de *P. ostreatus* al 2 %, condiciones que dieron un total de hongos cosechados de 280.36 g y una eficiencia biológica de 95.9 %. Otra producción de hongos utilizó 1000 g de aserrín al 100 % inoculado con semilla al 5 %, lo que generó una eficiencia biológica de 64.69 % y 646.9 g de setas (Shah et al., 2004). Esta investigación se realizó con 1452.6 g de sustrato de aserrín al 100 %, inoculado con 50 g semilla (5 %) *P. ostreatus*, el sustrato se incubo a 27 °C, condiciones que arrojaron 578 g de hongos frescos y una eficiencia biológica de 39.79 % (Hernández, 2020). Por otra parte, usando 1000 g de sustrato (aserrín 75 %, salvado de trigo 20 %, azúcar y cal 1 %) por bolsa inoculado con 30 g de semilla, arrojó 700 g de hongos, realizadas y una eficiencia biológica del 70 % en 3 cosechas (Hernández y López, 2006). En Bangladesh utilizaron paquetes colonizados con micelio (290 g de sustrato de aserrín suplementado con salvado de trigo, inoculado con cepa PG1 *P. ostreatus*), condiciones que produjeron 59.1 % de eficiencia biológica y 171.4 g setas frescas (Ahmed et al., 2013).

Por lo contrario, los sustratos que arrojaron una baja EB fueron las investigaciones realizadas por Wisum (2015) quien cultivó hongos comestibles en 1443 g de aserrín (100 %) inoculado con 20 g de micelio y obtuvo 38.55 g de setas lo que generó una eficiencia biológica de 2.67 % en sustrato de aserrín de bolaina fresca al 100 %. De diferente manera Garzón y Cuervo (2008) utilizaron aserrín al 100 % y produjeron 37.6 g de setas frescas consiguiendo una eficiencia biológica de 4.8 %. En esta otra investigación se utilizó aserrín con peso de 226.79 g (peso seco), obteniendo de ello 18.14 g de setas arrojando una eficiencia biológica del 8 % (Cruz et al., 2020). De igual forma, Adebayo, Elkanah, Afolabi, Ogundun, Alabi y Oduoye (2021) utilizó 2499.5 g de aserrín al 100 %, obteniendo un total de 326.94 g de setas y una eficiencia biológica de 13.08 %.

Tabla 14

Eficiencia biológica de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos

Sustrato seco			Peso del hongo fresco (g)	EB (%)	Fuentes
Tipo	**Cant (g)**	**Razón (%)**			
Bagazo de caña de azúcar (BC)					
BC	559	100	58.2	10.4	Garzón, y Cuervo, 2008
Salvado de maíz	200	100	33.5	16.77	Díaz et al., 2019
Cal agrícola	425	100	117.65	27.68	Taboada, 2011
BC	1272.2	57	4 58	36	Acevedo, 2017
Aserrín		30			
Mogolla		10			
Calcio		1			
Azúcar		2			
BC	300	75	111.30	37.10	Dinssa et al., 2020
Papel de desecho		25			
BC	800	80	640	80	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo		20			
BC	1000	78	381.55	38.1	Ancco,2012
Salvado de trigo		20			
Azúcar		1			
Cal		1			
BC	1313.34	100	531.4	40.4	Aguinaga, 2012
BC	2394.95	100	1710	71.40	Cárdenas, 2015
BC	541	83	43.83	81.14	Moreno, 2019
Salvado de maíz		15			
Carbonato de calcio		2			
BC	1043.45	100	905	86.4	Fernández, 2014
BC	512.63	50	493.30	96.23	Borja y Segura, 2016
Paja de cebada		20			
Vaina de frejol		16			
Salvado de quinua		12			
Carbonato de calcio		2			
BC	2000	100	4420	221.1	Vargas, 2009
BC	1160.9	100	1428	123	Ríos, Hoyos y Mosquera, 2010
Pulpa de café (PC)					
PC	750	100	117.75	15.7	Mendoza, Juscamaita y Quipuzco, 2019; Mendoza Soto, 2020
PC	320	100	184.23	57.57	Taboada, 2011
PC	1001.38	100	577.8	57.7	Bermúdez, 2018
PC	900.86	100	418	46.4	Sarasti y Muelas, 2008
PC	1249.63	100	850	68.02	Puig, Crespo, Cardona, Matos y Serrano, 2020
PC	200	100	143.2	71.6	Salmones, Mata & Waliszewski, 2005
PC	67.02	100	50	74.6	Huerta et al., 2009

Nota. EB= eficiencia biológica

PC	2712.10	100	2306.62	96	Mejía, Ardón,, Paz y Archila,, 2019
PC	550	100	588.5	107	Mata et al., 2011
PC	150	100	200.4	133.6	Torres et al. 2013
PC	500	100	608.5	121.7	Nieto et al., 2019
PC	110	100	1375	125	Velázquez, Mata & Savoie, 2002
PC	271.94	100	384.6	128.19	Calderón, 2009
PC	500	100	842.5	168	Bermúdez et al., 2001; García et al., 2011
PC	412	100	1400	138.9	García et al., 2006
PC	107.91	100	412	204.4	Bermúdez et al., 2007
PC	107.91	100	1400	138.9	García, 2008
PC	10000	100	881	204	Bermúdez et al, 2005
Aserrín (A)					
A	2499.5	100	326.94	13.08	Adebayo et al., 2021
A	783.33	100	33.6	4.8	Garzón y Cuervo, 2008
A	1443	100	38.55	2.67	Wisum, 2015
Aserrín de bolaina fresca	297.45	90	38.55	12.96	López, 2015
Cáscara de caca		10			
Aserrín de bolaina	86.16	60	38.55	44.78	Vargas, 2015
Cáscara de sacha inchi		40			
A	550	100	167.2	30.4	Taboada, 2011
A	757.93	100	69.362	9.2	Martínez et al, 2008
A	810.89	100	78.90	9.73	Girmay et al., 2016
A	140	100	25	17.86	Rugolo, Lechner, Mansilla, Mata y Rajchenberg, 2020
A	226.79	100	18.4	8	Cruz et al., 2020
A	1302	100	112	8.6	Yildiz et al, 2002
A	290	100	171.4	59.1	Ahmed et al., 2013
A	1000	75	700	70	Hernández y López, 2006
Azúcar		4			
Cal		1			
Salvado de trigo		20			
A	1452.5	100	578	39.79	Hernández, 2020
A	1000	100	646.9	64.69	Shah et al., 2004
Aserrín de roble	1157.14	78	810	70	López et al., 2008
Salvado de trigo		28			
Azúcar		1			
Cal		1			
A	1000	78	805.60	80.60	Ancco, 2012
Salvado de trigo		20			
Azúcar		1			
Cal		1			
A	292.34	100	280.36	95.9	Kurt & Buyukalaca, 2010
A	1675.51	90	1642	98	Kortei et al., 2018
Salvado de trigo		10			

4.3.3. Rendimiento Biológico (%) Peso hongo/peso sustrato fresco

Los resultados en cuanto al rendimiento de biológico de *P. ostreatus* varían entorno al peso fresco del hongo y al peso fresco del sustrato (Tabla 15), y va de valores de 2.8 %

registrados en el sustrato aserrín, hasta 58.7 % en pulpa de café; sin embargo, el mayor rendimiento promedio (30.04 %) corresponde al sustrato a base de café, seguido del bagazo de caña con 14.06 % y finalmente, el aserrín con7.17 %. Donde se determinó que de los tres sustratos evaluados la pulpa de café es la más eficiente. Al utilizar la cepa CCEBI 3021, 1500 g de sustrato pulpa de café al 100 %, obtuvieron 881 g de setas frescas y un rendimiento de 58.7 % (Bermúdez et al., 2007). Del mismo modo, García et al. (2011) quienes consiguieron un rendimiento de 42 %, usando 2010 g de sustrato pulpa de café al 100 % y 842.5 g de setas frescas. Por otro lado, Bermúdez et al. (2018) ocuparon 3500 g de sustrato húmedo pulpa al 100 % CCEBI 3024 y 577.8 g de setas frescas, obtuvieron un rendimiento de 16.5 %. Datos similares presentan Puig et al. (2020) quienes produjeron hongos *Pleurotus* sobre 5000 g de sustrato de pulpa de café (100 %) y un total de 850 g de setas frescas, generándoles un rendimiento de 17.0 %.

En otra investigación evaluaron 3 kg de bagazo de caña inoculada con 150 g de semilla, la investigación obtuvo 714 g de basidiocarpos y un rendimiento de 23.8 % (Cárdenas, 2015). Por otro lado, Acevedo (2017) usó tres kg de sustrato húmedo compuesto por: bagazo de caña de azúcar 57 %, aserrín 30 %, mogolla 10 %, calcio 1 %, y azúcar 2 %, obteniendo 458.10 g de hongos frescos y un rendimiento productivo de 15.27 %. De igual forma, Díaz et al. (2019) manipuló en su investigación la cepa ICFC 153/99 de *Pleurotus* inoculando 20 g de semilla sobre 440 de bagazo de caña 100 % (base seca) y 36.89 g hogos frescos, obteniendo un rendimiento de 8.3 %. Otra investigación utilizó 5970 g de bagazo de caña (100 %) inoculadas con 4 g de semilla, generando un promedio de 531.4 g de hongos frescos y un total de rendimiento de 8.9 % en un área de 6 m^2 (Aguinaga, 2012).

Una investigación realizada con utilizó 560 g de aserrín (100 %) y originando un rendimiento promedio de 15 % y 84 g de setas frescas por bolsa (Villacís, 2017). Otra investigación empleando 4000 g de sustrato de aserrín al 100 %, inoculado con 50 g semilla (5 %) *P. ostreatus*, arrojó 478 g de hongos frescos y un rendimiento del 12 % (Hernández, 2020). Así mismo, en Grecia utilizando 983 g de aserrín (100 %) inoculado con semilla al 5 % con cepa LGAM IK1123, se produjeron 123.9 g de setas frescas y un rendimiento total de 12.68 % (Koutrotsios et al., 2014). En Bangladesh se utilizó bolsas de 1500 g sustrato de aserrín (100 %) inoculado con la cepa *P.* ostreatus, 171.4 g setas frescas, produciendo un rendimiento de 11.42 % (Ahmed., 2013).

Por otro lado, el menor rendimiento se obtuvo en el sustrato de aserrín al cultivar *P. ostreatus* en 4000 g de sustrato de aserrín al 100 % inoculadas con micelio al 4 % y 112 g de setas frescas, lo que generó un rendimiento promedio de 2.8 % (Yildiz et al., 2002). Del mismo modo, Martínez et al. (2008) generaron un total de 69.37 g de setas frescas por cada bolsa de polietileno con 2500 g sustrato de aserrín (100 %) inoculado con semilla al 6 %, obteniendo un rendimiento medio de 2.8 %.

Tabla 15

Rendimiento biológico de P. ostreatus sobre tres sustratos lignocelulósicos

Sustratos			**Peso hongo fresco (g)**	**Rendimiento biológico (%)**	**Fuentes**
Tipo	**Cant (g)**	**Razón (%)**			
Bagazo de caña (BC)					
BC	440	100	36.89	8.3	Díaz et al., 2019
BC	5970	100	531.4	8.9	Aguinaga, 2012
BC	3000	100	714	23.8	Cárdenas, 2015
BC	3000	57	458.10	15.27	Acevedo, 2017
Salvado de trigo		30			
Mogolla		10			
Calcio		1			
Azúcar		2			
Pulpa de café (PC)					
PC	3500	100	577.8	16.5	Bermúdez et al., 2018
PC	5000	100	850	17.0	Puig et al., 2020
PC	3800	100	736.92	19.39	Taboada, 2011
PC	750	100	200.4	26.7	Torres et al., 2013
PC	2010	100	842.5	42	García et al., 2011
PC	1500	100	881	58.7	Bermúdez et al., 2007
Aserrín (A)					
A	4000	100	112	2.8	Yildiz et al., 2002
A	2500	100	69.37	2.8	Martínez et al., 2008
A	4000	100	478	12	Hernández, 2020
A	560	100	84	15	Villacís, 2017
A	1320	100	37.6	2.8	Garzón y Cuervo, 2008
A	1000	100	78.9	7.89	Girmay et al., 2016
A	983	100	123.9	12.86	Koutrotsios et al., 2014
A	1500	100	171.4	11.42	Ahmed., 2013

El rendimiento productivo de *P. ostreatus* manifestó que el peso del hongo ostra (g) es directamente proporcional al peso fresco y seco del sustrato (g) que se utilice para adquirir la eficiencia biológica (%) o el rendimiento biológico (%). Con los resultados obtenidos se puede estimar que, la pulpa de café puede generar una primera cosecha de hongos a los 17 días luego de la siembra, con un total de 1200 g de hongos frescos durante todos los ciclos de cosecha (3), recalcando que este es el único sustrato que presentó hasta cuatro cosechas,

una eficiencia biológica de 204.4 % y un rendimiento de 58.7 %. En comparación con el bagazo de caña, que puede conseguir una primera cosecha a los 24 días luego de la siembra, con 2142 g de hongos sobre bolsa en tres cosechas, una eficiencia biológica de 221 % y un rendimiento de 23.8 %. Por otro lado, el aserrín puede generar una primera cosecha a los 29 días luego de la siembra, alcanzado 69.37 g por bolsa en tres cosechas, una eficiencia biológica de 95.9 % y un rendimiento de 15 %.

4.4. Sustrato lignocelulósico económicamente más eficiente para la producción de *P. ostreatus*

Para reportar el sustrato económicamente más eficiente en la producción de *P. ostreatus*, se registró un total de seis publicaciones las cuales aportan con el tercer objetivo de la presente investigación. Los resultados (Figura 13) posicionan a Ecuador ya que presenta tres publicaciones, seguidos de Cuba, Perú y Guatemala con una sola publicación por país. Ecuador posee una gran cantidad de residuos agrícolas (bagazo de caña y pulpa de café) que se originan en sus zonas de cultivo y que en la actualidad son de gran interés para la producción de hongos comestibles (Rodríguez y Jaramillo, 2004; Díaz, et al., 2019).

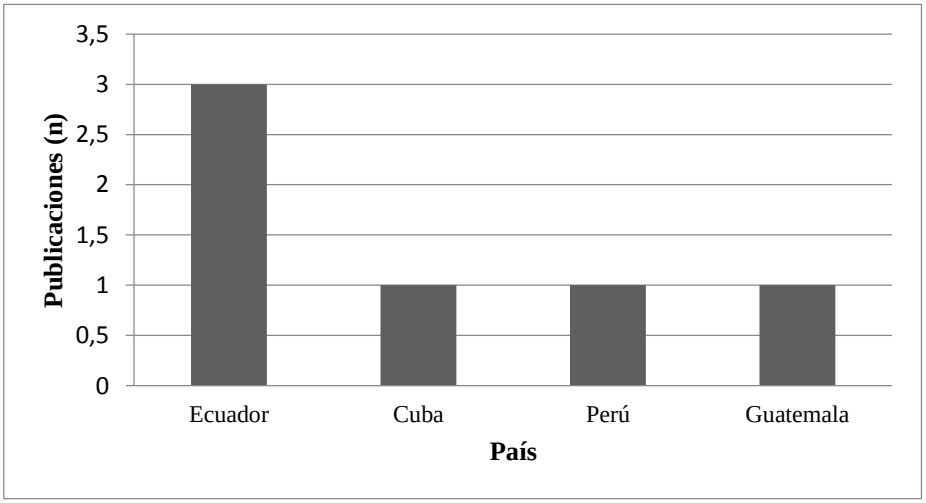


Figura 13. Publicaciones por país sobre la eficiencia económica de *P. ostreatus* (recolectados en este estudio), durante el año 2001 a 2021.

4.4.1. Precio del producto (USD/kg), costos de producción (USD/kg) y Relación B/C (a)

La relación beneficio/costo de la producción de *P. ostreatus* se midió con base al precio y costo del producto, los resultados del comportamiento de estas variables oscilaron entre 1.45 y 2.81 (B/C), como se muestra en la Tabla 16. La relación B/C en el bagazo de caña alcanza un valor promedio de 2.51, y aunque el estudio sobre pulpa de café da un mayor

valor (2.81), no se puede afirmar que es el mejor ya que se tratan de publicaciones realizadas en diferentes años, diferentes Países y porque la moneda se encuentra en constante cambio. En el caso de sustrato aserrín no se han registrado publicaciones sobre la parte económica.

La mejor eficiencia económica utilizando sustrato puro fue obtenida por Cárdenas (2015) quien empleó en su producción bagazo de caña al 100 %, determinando que el precio de 1 kg es de 21.42 soles (5.43 USD/kg), tuvo un costo de producción de 9.064 soles (2.30 USD/kg) kilogramo de hongos frescos (ciclo de producción de 84 días) obteniendo una relación beneficio/costo de 2.36. Seguido de Aguinaga (2012) utilizó en su producción de hongos ostra bagazo de caña al 100 %, pretendiendo vender 12 toneladas de hongos al año distribuidas en 60,000 bandejas de 200 g, determinando que el precio por unidad de bandeja es de 2.45 USD y de un kilogramo es de 12.25 USD, obteniendo una ganancia anual de 147,000 USD. Los costos de una planta de producción que arroja 12 toneladas al año con un costo de elaboración de 100 850 USD (8.40 USD/kg), enunciando que la razón beneficio tiene un ingreso anual de USD 154,556 y el costo de producción bajo el mismo periodo de tiempo tiene un valor de USD 120,649, con base a esta información la relación beneficio/costo fue de 1.45.

Otra investigación realizada por Santillán y Morocho (2018) utilizaron bagazo de caña 80 % y afrecho de trigo 20 % como sustrato experimental y se obtuvo para una producción de 64 kg de hongos frescos ingresos por 352 USD, cada kilogramo de setas tiene el costo de 5.5 UDS, con una ganancia anual de 1835.42 USD expresaron que para efectuar una producción de 0.33371 ton al año se tuvo que invertir 1835.42 USD (2.72 USD/kg) Así mismo, Expresaron que los ingresos de la producción anual son de 1835.42 USD y tuvo un costo anual de 908.85 USD, dando una relación beneficio/costo de 2.02. En otra investigación realizada por Borja y Segura (2016) utilizaron bagazo de caña al 50 %, Paja de cebada 20 %, Vaina de fréjol 16 %, Salvado de quinua 12 %, Carbonato de Calcio 2 %, expresaron que el precio de 17,364 kg de setas producidas al año es de 31,200 USD, es decir (4.50 USD/kg), con un costo de producción de 31,200 USD (1.79 USD/kg) y una relación beneficio costo de 2.51.

Otro cultivo utilizó pulpa de café al 100 % para producir un total de 60 ton de setas frescas/año, determinando que el precio de las setas distribuidas al mercado está a 6,000 CUC/ton, lo que equivale a (USD 6/kg), manifestando que los costos de producción total estuvieron por 116,257.80 USD/año, representando un costo de (USD2.81/kg) dando una

relación beneficio costo de 2.81 (García, 2008). Otra producción obtuvo una relación beneficio/costo de 1.47 utilizando 0.0133 m3 de sustrato pulpa de café al 100 % (Leiva, 2012).

Tabla 16

Precio, costos de producción y relación B/C del hongo ostra (P. ostreatus) en tres sustratos lignocelulósicos

Cantidad de sustrato		**Precio del producto (USD/kg)**	**Costos de producción USD/100kg**	**Relación B/C**	**Autor/es**
Tipo	**Razón (%)**				
Bagazo de caña (BC)					
BC	100	12.25	8.40	1.45	Aguinaga, 2012
BC	80	5.5	2.72	2.02	Santillán y Morocho, 2018
Afrecho de trigo	20				
BC	100	5.43	2.30	2.36	Cárdenas, 2015
BC	50	4.50	1.79	2.51	Borja y Segura, 2016
Paja de cebada	20				
Vaina de frejol	16				
Salvado de quínoa	12				
Carbonato de calcio	2				
Pulpa de café (PC)					
PC	100	6	2.13	2.81	García, 2008
PC	100	-	-	1.47	Leiva, 2012

No se puede asegurar que existe un sustrato que determine la mejor eficiencia económica debido a que estas investigaciones fueron realizadas en distintos países, en distintos periodos de tiempo y sobre todo porque la moneda es versátil, ya que se encuentra en constante cambio, aunque se puede suponer que la Pulpa de café presentó mejores comportamientos debido a que su relación beneficio/costo fue la más alta con 2.81, lo que quiere decir que por cada dólar invertido obtuvo una ganancia de 1.81 centavos de dólar y en el caso del bagazo de caña alcanzó un valor promedio en relación beneficio costo de 2.36, estimando que por cada dólar de inversión se recuperó 1.36 centavos de dólar.

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

La pulpa de café presentó superiores resultados en cuanto a las respuestas morfofisiológicas de *P. ostreatus*, pues en sus variables morfológicas presentan 148 talos de 4.86 cm de longitud/cosecha y 10.10 cm de diámetro del carpóforo, según las variables fisiológicas tiene colonización total a los 10 días, 8 días después ACF y de 17 a 18 días para la primera cosecha. Seguido del aserrín que presentó 19 talos con 3.29 cm de longitud y 11.34 cm de diámetro del carpóforo, una colonización total a los 15 días, 9 días después una ACF y una primera cosecha a los 29 días. Por último, se encuentra el bagazo de caña que mostró 17.86 talos de 2.6 cm de longitud del talo/ cosecha y 5.12 cm de diámetro del carpóforo, una colonización total a los 16 días, 12 días después la aparición de cuerpos fructíferos, y una primera cosecha a los 28 días.

Al comparar los resultados de los tres residuos lignocelulósicos se pudo determinar que la pulpa de café fue el sustrato más eficiente en cuanto a las variables de rendimiento productivo pues, puede generar hasta 1200 g de hongos frescos recolectadas durante tres cosechas, recalcando que este fue el único sustrato que presentó hasta 4 cosechas/bolsa, una eficiencia biológica de 204.4 % y un rendimiento biológico de 58.7 %. En comparación con el bagazo de caña, que puede conseguir una primera cosecha a los 24 días luego de la siembra, con 2142 g de hongos frescos por bolsa de sustrato recolectadas en tres cosechas, una eficiencia biológica de 221 % y un rendimiento biológico de 23.8 %. Por otro lado, el sustrato de aserrín puede alcanzar hasta 69.37 g por bolsa de sustrato en tres cosechas, una eficiencia biológica de 95.9 % y un rendimiento biológico de 15 %.

Se pudo estimar que la mejor eficiencia económica fue obtenida por el sustrato pulpa de café, ya que presentó la más alta relación beneficio/costo con 2.81, el precio de 1 kg de setas frescas estuvo por USD 6 y el costo de producir cada kilogramo fue de USD 2.13. Seguido del bagazo de caña que presentó una relación beneficio/costo de 2.36 ya que cada kilogramo de setas frescas tuvo un precio de USD 5.43 y el costo de producirlas fue de USD 2.30.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda el uso de pulpa de café y bagazo de caña, puros o suplementados como sustratos adecuados para la producción de *P. ostreatus*, debido a que el primero tiene mejor comportamiento morfofisiológico.

Se recomienda utilizar el sustrato pulpa de café y bagazo de caña para lograr altos rendimientos productivos, pues, ambos presentan una eficiencia biológica y precocidad en la cosecha, similares en el desarrollo en la etapa productiva del hongo ostra.

Se recomienda realizar evaluaciones económicas de la producción de hongo ostra en sustrato de aserrín y pulpa de café, para conocer y comprar la eficiencia frente al sustrato bagazo de caña.

Se recomienda realizar investigaciones experimentales que permitan sustentar los resultados obtenidos en esta investigación. Además, de otros estudios de revisión documental que consideren nuevos factores o criterios para el análisis de este tema.

6. Referencias

Ancco, F. M. (2012). Evaluación del crecimiento y producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatu*s) en tres diferentes residuos agroindustriales de la provincia de Abancay. (Título de ingeniero Agroindustrial), Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/299/T_0013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Acevedo, R. (2017). Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el municipio de Málaga Santander. Rev. Colomb. Investig. Agroindustriales, 4(1), 15-23. DOI:http://dx.doi.org/10.23850/24220582.857

Adebayo, E. A., Elkanah, F. A., Afolabi, F. J., Ogundun, O. S., Alabi, T. F., Oduoye, O. T. (2021). Molecular characterization of most cultivated Pleurotus species in sub-western region Nigeria with development of cost effective cultivation protocol on palm oil waste. 7 (2) https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06215.

Aguinaga, P. (2012). Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional.

Ahmed, M., Abdullah, N., Ahmed, K. U., & Bhuyan, M. H. M. B. (2013). Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48(2), 197-202. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200010

Anike, F., Yusuf, M., & Isikhuemhen, O. (2016). Co-substrating of peanut shells with cornstalks enhances biodegradation by *Pleurotus ostreatus*. Journal of Bioremediation & Biodegradation 7, p. 327. doi: 10.4172/2155-6199.1000327.

Alder, M., Zubillaga, M.F. (2014). Una alternativa de diversificación productiva para los valles Patagónicos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp

Alvarado, R.G. (2014). Guías técnicas agrícolas. Researchgate. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280937705_GUIAS_TECNICAS_AGRICOLAS

Ardón, C. 2007. La producción de hongos comestibles. Universidad De San Carlos De Guatemala. Tesis de postgrado. Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf

Asimbaya, C. (2016). Obtención de materiales compuestos con propiedades magnéticas para la remoción de zinc a partir de residuos lignocelulósicos. Escuela Politécnica Nacional, 8-9.

Beltrán, D. Y., Morris, Q. H., Llauradó, M. G., Bermúdez, S. R., y García, O. N. (2020). Procedimientos para la producción de setas del género *Pleurotus* con potencial aplicación farmacológica. Revista Cubana de Química, 32(2), 245-261.

Bermúdez, R. C., García, N., Gross, P., & Hernández, M. (2005). Análisis de la producción de setas comestibles pleurotus sp., sobre pulpa de café. 17 (1), 228-229 https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543685087.pdf

Bermúdez, S. R. C., García, O. N., Kekeli, A. K., & Serrano, A. M. (2006). Cultivo de cepas de *Pleurotus* sp., sobre pulpa de café. 38(2), 246-255. http://ref.scielo.org/bmb96d

Bermúdez, R., García, N., y Mourlot, A. (2007). Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. Sobre mezclas de pulpas de café y viruta de cedro. Tecnología Química, 27(2), pp. 55-62.

Bravo, C., Benítez, D., Vargas, J., Alemán, R., Torres, B., y Marín H. (2014). Caracterización socio-ambiental de unidades de producción agropecuaria en la

Región Amazónica Ecuatoriana: Caso Pastaza y Napo. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 4 (1), 3-31.

Borja, B. L. N., y Segura, Q. W. G. (2016). Evaluación de Residuos Agrícolas Predominantes en la Provincia Bolívar para Producción de Hongos Tipo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) por fermentación Sólida (Tesis de pregrado Universidad Estatal de Bolivar Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Escuela Ingeniería Agroindustriall). Recuperado de http://190.15.128.197/bitstream/123456789/1492/1/tesis_%207.pdf

Cárdenas, Q. Y. (2015) Efectos de sustratos a base de residuos agrícolas, en el cultivo del hongo comestible Pleorotus ostreatus< Jacquin Fries>, Kummer, distrito de Santa Ana, La Convención. Perú (tesis pregrado) Universidad de ukayali.

Calderón, M. J. A. (2009) Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (Zea mays L.) para la producción del hongo Pleurotus ostreatus (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152). http://www.repositorio.usac.edu.gt/8798/1/Tesis%20Jorge%20Calder%C3%B3n.pdf

Rugolo, Maximiliano, Lechner, Bernardo, Mansilla, Romina, Mata, Gerardo, & Rajchenberg

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. (2004). Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador. Guayaquil, Ecuador: PUBLIASESORES.

Chang, S. T., & Miles, P. G. (2004). Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact (second edition). Florida (US): CRC Press

Cortés, S. (2016). Calidad microbiológica, físico-química y organoléptica del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) fresco y deshidratado, cultivados en tres residuos de cosecha (Tesis de grado), Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

Cortés, M. E, Iglesias, M. (2004). Generalidades sobre Metodología de la Investigación. Ciudad del Carmen, Campeche, México: D.R. © Universidad Autónoma del Carmen.

Cruz, D., Capa, D., Maza, D., Ojeda, R., y Benítez, (2020). Producción y valor proteico de *Pleurotus ostreatus* en la región sur de Ecuador. ACI (avances en ciencia e ingeniería, 12 (2), 34-43. file:///C:/Users/Saul-FamiliaPS/Downloads/1806-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8758-4-10-20210409.pdf

Cruz, D., López de León, E., Pascual, L. F., y Battaglia, M. (2011). Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID), 104(3-4), 139-154. https://www.jaeid.it/index.php/JAEID/article/view/16

Cruz, D., Capa, D., Maza, D., Ojeda, R., & Benitez, Á. (2020). Producción y valor proteico de *Pleurotus ostreatus* en la región sur de Ecuador. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías.

Dennis, R.W.G. (1970). Fungus Flora of Venezuela and adjacent countries. Kew Bull. Addit. Ser. 3: 1 – 530.

Delmastre, S., Figlas, D., Mockel, M., R Matute y Curvetto, N. (2005). Manual del cultivador de hongo ostra. MushWorld. Recuperado de: https://almazul.com.ar/storage/Bibliografia/Manual%20Girgolas%20Mushworld.pdf

Díaz, M. K., Casanova, G. M., León, T. C. A., Gil, R. L. A., Bardales, V. C. B., & Cabos, S. J. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos, 26 (3), 1177-1184.

Dinssa, B., & Temesgen, S., & Mosisa, W. (2020). Introduction and Cultivation of P. ostreatus and L. edodes Using Sugar Cane Bagasse, Leaves of Prosopis juliflora and Waste Paper at Oda Bultum University, Chiro, Ethiopia. American Journal of Agriculture and Forestry. 8. 40. 10.11648/j.ajaf.20200801.16.

Enríquez, C. (2018). 4 variedades de hongos para el paladar gourmet. Revista Líderes. Recuperado de: https://www.revistalideres.ec/lideres/hongos-variedades-gourmet-empresa-agricola.html.

Estructura del café, Coffe Media (febrero 26, 2017) La estructura del fruto del café está conformado por 7 partes. https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2017/02/26/estructura-del-fruto-del-cafe/

FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, FAO.

Fabián, V. (2017). Estructura del grano de café. CoffeMedia. Recuperado de https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2017/02/26/estructura-del-fruto-del-cafe/

Fernández, U. Y. D. S. (2015). Cultivo de Orellas (*Pleurotus ostreatus*) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango. (Tesis de pregrado Universidad Nacional Abierta y Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente). Recuperado de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3580/32559400.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fierro, N., Contrera, A., González, O., Rosas, E., y Morales, V. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.). AGROProductividad, 11(4), p. 9.

Finol, T. y Nava, H. (1992). Investigación documental preparación y presentación de trabajos escritos. Maracaibo: Universidad del zulia.

Flores, A., y Contreras, M. (2012). Manual de cultivo de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) de forma artesanal. México. DF UNAM.

Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R., y Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción. http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pd

Galvis, N., y Perea, I. (2006). Beneficios de la comercialización del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, producido sobre desechos agroindustriales como alternativa de biocomercio, En Santiago De Cali (título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales). Universidad Autónoma de Occidente, Santiago De Cali.

García, R. M. (2001). Manual para buscar Setas. Madrid. España. Ediciones Mundi- Prensa. Recuperado de https://b-ok.lat/book/11063166/6b2064?regionChanged=&redirect=230553367

García, O. N., Bermúdez, S. R. C., Gross, C. P., Hernández, H. M. (2006). Cultivo de cepas de *Pleurotus* sp., sobre pulpa de café Revista Mexicana de Micología. 23, 99-101

García, O. N. (2008) Producción de setas comestibles y enzimas lacasas por fermentacion en estado sólido de la pulpa de café con *Pleurotus* spp (Tesis de doctorado). Universidad de Oriente.https://www.imbe.fr/docrestreint.api/1144/29624826e89d4d6ae35c3e96c6541f14ed85b190/pdf/re-27_2008_doctorat_nora_garcia_oduardo-2.pdf

García, O. N., Bermúdez, S. R. C., & Serrano, A. M. (2011). Formulations of substrates in the production of edible mushroom pleurotus. Tecnología Química, 31(3), 272-282. Recuperado en 23 de julio de 2021, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000300002&lng=es&tlng=en.

Garzón, G. J. P., Cuervo, A. J. L. (2008). Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Nova. 6. 126. 10.22490/24629448.403.Recuperado de https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/113/224

Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G., & Zewdie, S. (2016). Growth and yield performance of Pleurotus ostreatus (Jacq. Fr.) Kumm (*oyster mushroom*) on different substrates. AMB Express, 6(1). Doi: 10.1186/s13568-016-0265-1. Recuperado de https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1186/s13568-016-0265-1

Ghorai, S., Banik, S. P., Verma, D., Chowdhury, S., Mukherjee, S., & Khowala, S. (2009). Fungal biotechnology in food and feed processing. Food Research International, 42(5-6), 577–587. doi:10.1016/j.foodres.2009.02.019

Heredia, A., Esparza, E., Romero, L., Cabral, F., Echavarría, F., y Bañuelos, R. (2016). Evaluación de mezclas para sustrato y producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. Agroproductividad. 9(6), 67- 72.

Hernández, C. R. A., & López, R. C. L. (2008). Evaluación de crecimiento y produccion de *Pleurotus Ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. (Tesis de pregrado Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Departamento de Microbiología). Recuperado de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8275/tesis257.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, M. N. (2020). Evaluación del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* (basidiomycota) en distintos sustratos lignocelulósicos (capacho de maíz, hoja de almendro y aserrín de madera) en la Estación Ecológica Las Guartinajas en el municipio de Tierralta-Córdoba-Colombia. (Tesis de pregrado Universidad de Córdoba Facultad de Ciencias Básicas). Recuperado de https://repositorio.unicordoba.edu.co/flip/index.jsp?pdf=/bitstream/handle/ucordoba/3168/HernandezMartinezNedy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hoyos, J. L., Vargas, P. S., y Sánchez, S. A. M. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 10(1), 136-145.

Huerta, G., Martínez-Carrera, D., Sánchez, J. E., & Leal, L. H. (2009) Grupos de interesterilidad y productividad de cepas de Pleurotus de regiones tropicales y subtropicales de México. México

Huerta, G., Martínez, D., Sánchez, J., Leal, H., & Vilgalys, R. (2010) Genetic relationships between mexican species of Pleurotus analyzing ITS-regions from rDNA. Micol Aplicada Internac. 22(1):15-25.

Invernadero Greenhouse. (2010). El cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). El Blog de los Cultivos en Ambientes Protegidos. Recuperado de https://los-invernaderos.blogspot.com/2010/09/el-cultivo-del-hongo-seta-pleurotus.html.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2018). 2018: Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/

Jaramillo, S., y Alberto, E. (2012). El despunte de caña de azúcar, sustrato altamente eficiente para la producción de *Pleurotus ostreatus*. En Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica: Investigación y desarrollo en un entorno multicultural. Tapachula. Editorial El Colegio de la Frontera Sur México, pp. 155-161.

Kortei, N.K., Odamtten, G.T., Obodai, M. y col. (2018). Correlaciones del diámetro de la tapa (ancho del píleo), longitud del estípite y eficiencia biológica de *Pleurotus*

ostreatus (Ex.Fr.) Kummer cultivado en rayos gamma y esterilizados con vapor aserrín compostado como índice de calidad para la fijación de precios. Seguridad Agrícola. 7:35. https: //doi.org/10.1186/s4006 6 018 0185 1

Koutrotsios, G., Mountzouris, K. C., Chatzipavlidis, I., & Zervakis, G. I. (2014). Bioconversion of lignocellulosic residues by Agrocybe cylindracea and Pleurotus ostreatus mushroom fungi – Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. Food Chemistry, 161, 127–135. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.121

Leatham, G.F. & Griffin T.J. (1984). Adapting liquid spawn of *Lentinus edodes* to oak wood. Applied Microbiology and Biotechnology. 20: 360-363.

Lema, P. L. I. (2020). Proyecto de investigación para la producción y comercialización de hongos comestibles tipo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) en la parroquia Puyo, provincia de Pastaza.

Leiva, O. O (2012) Evaluación de cuatro sustratos para la producción artesanal del hongo ostra (*Pleurotus Ostreatus*), bajo condiciones controladas, en el municipio de La Unión, Zacapa. Guatemala. http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/04/Sosa-Oscar.pdf

Loor, B. (2008). Estudio de factibilidad para la industrialización de hongos comestibles en la provincia del Guayas.

López, R., C.; Hernández, C. R., Suárez, F. C., y Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Universitas Scientiarum, 13(2), 128-137.

López, C. M. C. (2015) Efecto del aserrín de bolaina (guazuma crinita) y cáscara de cacao (theobroma cacao l.) En la producción de pleurotus ostreatus. (Tesis Ingeniería), Universidad Nacional Intercultural De La Amazonía. http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/73/1/TESIS7.PDF

Mata, G., Ortega, S. C., & Pérez Merlo, R. (2011) Inóculo suplementado: evaluación de un método para optimizar la producción de inóculo para el cultivo de *Pleurotus* en pulpa de café. México

Martínez, P.N., Garzón, J.E., Hernao, W., Guarnizo, A. (2008). Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre los residuos derivados de la producción comercial del culmo de la Guadua angustifolia kunth. Revista Tumbaga 1(3): 43-53. Recuperada de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3993632

Martínez, A. (2017). Aprovechamiento de los residuos de la cáscara de haba (Vicia faba) mediante el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo. Ecuador.

Mendoza, H., Juscamaita, J., & Quipuzco, L. (2019). Análisis de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* obtenida a partir de los subproductos de la etapa de despulpado del café. Agroindustrial Science, 9(2), 179-188. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.11

Mendoza, S. H. E. (2020). Análisis de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* obtenida a partir de los subproductos de la etapa de despulpado del café. (Tesis de grado Universidad Nacional Agraria La Molina.Facultad de Ciencias). Recuperado de http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4379/mendoza-soto-hilda-evita.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mejía, N., Orozco, E., y Galán, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, 2 (6), pp. 27-41.

Mejía, D. M. G., Ardón, J. A. H., Paz, E. S. F., y Archila, A. V. C. H. (2019) Evaluación del crecimiento y producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales utilizando restos de cosecha en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala.

Merino, J. (2010). Estudio económico de dos formas de aprovechamiento forestal del pigue (*Pollalesta discolor*) en el cantón Mera, provincia de Pastaza. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Naturales. Riobamba. Ecuador. Disponible en http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/749/1/33T0073.pdf

Milla, A. (2007). Introducción al cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. México: Publicaciones INEA.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (05 de marzo 2018). Pastaza: MAG incentiva cultivo de hongos ostra, una alternativa alimenticia. Ministerio de Agricultura y Ganadería. https://www.agricultura.gob.ec/pastaza-mag-incentiva-cultivo-de-hongos-ostra-una-alternativa-alimenticia/#

Moncada, O., y Castro, S. (2016). Caracterización de mezclas de residuos lignocelulósicos raquis de palma africana y bagazo de caña, para visualizar su potencial en la producción de etanol de segunda generación. (Ingeniería químico ambiental). Universidad Santo Tomás. Bucaramanga.

Moncada, B. J., Aristizábal, M. V., & Cardona, A. C. (2016). Design strategies for sustainable biorefineries. Biochemical Engineering Journal, 116, 122–134. Disponible en https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.06.009

Monterroso, O. (2007). Efecto de la suplementación de la caña de maíz (Zea mays L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Cepa ECS152). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, p. 46.

Moreno, M. C. (2019). Valoración de la velocidad de crecimiento y productividad del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en tres sustratos generados a partir de residuos agroindustriales en el municipio de Supía Caldas. (Tesis de pregrado Universidad Nacional Abierta y Distancia Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías-Ingeniería de Alimentos). Recuperado de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/27305/%20cmorenomor.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Muñoz, V. (2010). Hongos de Sumaco atraen el turismo y los negocios. Emprendimientos del Ecuador. https://emprendimientosdelecuador.blogspot.com/2010/06/21-hongos-de-sumaco-atraen-el-turismo-y.html.

MushWorld (2005). Manual del cultivador de Hongos 1, cultivo del hongo ostra. Corea del Sur: MushWorld.

Nieto, J. J. I., Cuzano, R. Á. D., & Reyes, L. W. A. (2019). Preliminary study of the nutritional composition of the edible mushroom Pleurotus ostreatus grown in coffee pulp. Revista de la Sociedad Química del Perú, 85(4), 422-431. https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.256.

Noriega, A. Silva, R., y García. M. (2008) Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. Zootecnia Trop, 26(4), 411-419.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2005). Consensus Document on the Biology of *Pleurotus spp.* (Oyster Mushroom). Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology. 34. Disponible en http://www.oecd.org/science/biotrack/46815828.pdf.

Pineda, J., Ramos, L., Soto, C., Freitas, A., y Pereira, L. (2015). Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos agroindustriales no suplementados. Serviluz. 38 (1).

Pokorny, B., Godar, J., Hoch, L., Johnson, J., Koning, J., Medina, G., Steinbrenner, R., Vos, V., y Weigelt, J. (2010). La producción familiar como alternativa de un desarrollo sostenible para la Amazonía; Lecciones aprendidas de iniciativas de uso forestal por productores familiares en la Amazonía boliviana, brasilera, ecuatoriana y peruana. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Puig, Y., Crespo, L., Cardona, Y., Matos, L., y Serrano, M., (2020). Evaluación de tres residuos agroindustriales como sustratos para cultivo del *Pleurotus ostreatus* var. Florida. 4(7), 2697-3456. Doi: https://doi.org/10.46296/yc.v4i7.0040

Quimio, T. (2005). Manual del cultivador de hongos 1. *Capítulo 1: Introducción a los hongos. ¿Por qué cultivar hongos?*, (5-14). República de Corea. MushWorld.

Quizhpilema, E. (2013). Validación de la Tecnología para la Producción e Industrialización de Hongos Comestibles *Pleurotus ostreatus* Utilizando Sustratos Orgánico (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

Rajarathnam, S., Bano, S., & Miles, P. (2009). *Pleurotus* mushrooms. Part I A. morphology, life cycle, taxonomy, breeding, and cultivation, C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 26(2), pp. 157-223.

Ravera, C., Bettera, C., Fernández, A., Estive, E., y Piñeda, H. (2008). Aprovechamiento de los residuos agrícolas. Procesamiento de la caja del maní, su conversión biológica y productos. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Castellón, 23-24. Disponible en http://www.redisa.net/ doc/artSim2008/tratamiento/A22.pdf.

Reinoso, L. (2015). Valoración nutricional de hongos ostras (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sapidus*) inoculados con hoja de mazorca de maíz y cáscara de maní. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Quevedo. Ecuador.

Rivera, O. R. L., Martínez, M. C. A., Morales, V. S., (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. Revista Luna Azul, (37), 89-100.ISSN: Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321729206008

Rivera, O. R. L. (2012). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en el corregimiento de LLacuanas – municipio de Almaguer - departamento del Cauca. (Tesis de pregrado Universidad del Cauca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agropecuaria Popayan). Recuperado de http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/850/EVALUACI%c3%93N%20DE%20RESIDUOS%20AGR%c3%8dCOLAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Robaszkiewicz, A., Bartosz, G., Lawrynowicz, M., & Soszynski. (2010). The role of Polyphenols, β-carotene and Lycopene in the antioxidative action of the extracts of dried edible mushrooms. J Nutr Metab, p. 1-9.

Rojas, E. (2004). Evaluación de paja de trigo, *triticum sativum*; broza de encino, *quercus sp.* Y rastrojo de maíz, *zea mays*; para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael la independencia, Huehuetenango (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Romero, Rodríguez y Pérez (2003) "*Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo". (En Red), disponible en http://www.bibliociencias.cu /gsdl/collect/assoc/HASH9944/ Importancia y tecnología hongo ostra

Romero, O., Valencia, M., Rivera, R., Tello, I., Villarreal, O., Damián, M. (2018). Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. ASyD 15: 145-160.

Royse DJ, Rhodes TW, Ohga S, Sánchez JE. 2004. Yield, mushroom size and time to production of Pleurotus cornucopiae (oyster mushroom) grown on switch grass substrate spawned and supplemented at various rates. Bioresource Technology, 91: 85-91.

Ríos, M., Hoyos, J. L., & Sánchez, S. A. M. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 8(2), 86-94. Recuperado de https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/741/368

Rugolo, M., Lechner, B., Mansilla, R., Mata, G., & Rajchenberg, M. (2020). Evaluation of Pleurotus ostreatus basidiomes production on Pinus sawdust and other agricultural and forestry wastes from patagonia, Argentina. Maderas. Ciencia y tecnología, 22(4), 517-526. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2020005000410

Sánchez, J., y Royse, D. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Chiapas, México. Editorial Limusa.

Salmones D, Mata G, & Waliszewski KN. (2005). Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. Bioresour Technol. 96:537-544.

Santillán, T. M. M., y Morocho, N. V. E. (2018). Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui. Universidad Estatal Amazónica. Facultad de Ciencias de la Tierra. Pastaza. Ecuador.

Sarasti y Muelas (2008). Evaluación de la producción de setas comestibles orellanas (Pleurotus ostreatus) sobre cuatro sustratos a base de pulpa de café, tratados con tres diferentes métodos de esterilización en el municipio de Piendamó. (Título de pregrado). Universidad del Cauca. Recuperado de http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/594/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20DE%20SETAS%20COMESTIBLES%20ORELLANAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Shah, Z., Ashraf, & Ishtiaq, M. (2004). Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw Dust). Pakistan Journal of Nutrition. 3 (3), 158-160.

Song, B. (2005). Manual del cultivador de hongos 1. *Capítulo 1: Introducción a los hongos. ¿Qué es un hongo,* (1-4)? República de Corea. MushWorld.

Stamets, P. (2005). Growing gourmet and medicinal mushroom. California (US): Ten Speed Press, 43-48.

Taboada, H. M. (2011). Sustratos Agroindustriales como Fuentes para la Producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Quél). Tesis en opción al título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Forestal. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Tingo María. Perú. Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/941/T.FRS105.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toledo, M.F. (2008). Condiciones ambientales para el aparecimiento de cuerpos fructíferos de *P. Ostreatus.* Dspace.espoch**.** Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/229/1/236T0015.pdf

Torres, O. A. G., Meza, J., Torres, R., y Rivas, J. (2013) Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (jacq. Ex fr.) Kumm empleando pulpa de café como sustrato, 1(1), 38-43. http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/4/4

Universidad de Alicante. (2010). La búsqueda de información científica. España. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/33983/1/BUSQUEDA_informacion_DOCTORADO.pdf

Vargas, S. P. S. (2009). Aprovechamiento de la hojarasca de roble (Quercus humboldtii) en la producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*). (Tesis de pregrado Universidad del Cauca Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Forestal Popayan). Recuperado de http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/273/APROVECHAMIENTO%20DE%20LA%20HOJARASCA%20DE%20ROBLE%20%28Quercus%20humboldtii%29%20EN%20LA%20PRODUCCI%c3%93N%20DEL%20HONGO%20COMESTIBLE%20%28Pleurotus%20ostreatus%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas, S. D. R. (2015). Efecto de la mezcla de sustratos en la producción de cepas nativas del hongo (pleurotus spp.) Bajo condiciones controladas. (Tesis pregrado), Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/89/1/Tesis.pdf

Valera, C. J. M. (2005) Comportamiento del cultivo de Pleurotus sp. en cuatro sustratos orgánicos. Perú. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/1845/000000694T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Varnero, M., Quiroz, M., y Álvarez, C. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). Información tecnológica. 21(2), 13-20. Disponible en http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v21n2/art03.pd

Velázquez, C. MA, Mata, G. y Savoie, J. (2002). Revista mundial de microbiología y biotecnología, 18 (3), 201-207. doi: 10.1023 / a: 1014999616381

Velázquez, C. M. A., Mata, G., & Savoie, J. M. (2009) Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. México

Villacís, C. (2017). Estandarización de un protocolo para la producción de semillas de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* adaptado a las condiciones de laboratorio (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito. Recuperado de http://dspace.udla.edu.ec/jspui/bitstream/33000/7380/3/UDLA-EC-TIAG-2017-02.pdf

Villacís, C. (2016). Utilización del bagazo de la caña de azúcar para la fabricación de complementos decorativos para el hogar. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato. Ambato. Ecuador.

Villaroel, E. (2006). Aplicación de técnicas para la clasificación del jugo de caña (Sacharum oficinarum) como mejorador de sus características organolépticas. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato- Ecuador.

Vispo, S. N. (2015). Selección de cepas nativas ecuatorianas del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) con fines industriales. Revista Bionatura. 1(1):29-32.

Wang, S., Bao, L., Zhao, F., & Wang, Q. (2013). Isolation, identification, and bioactivity of monoterpenoids and sesquiterpenoids from the mycelia of edible mushroom *Pleurotus cornucopiae*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 61, 5122- 5129.

Wang, D., Sakoda, A., & Suzuki, M. (2001). Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresource Technology. 78, 293-300.

Wisum, P. U. (2015). Aserrín de guazuma crinita (bolaina blanca) y la Harina de erythrina sp (amasisa) en la producción de Pleurotus ostreatus en yarinacocha-ucayali. (Itulo De Ingenieria Agronómica), Universidad Nacional Intercultural De La Amazonía. http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/72/1/TESIS6.PDF

Yamauchi, M., Sakamoto, M., Yamada, M., Hara, H., Mat Taib, S., Rezania, S. Mohd Hanafi, F. H. (2018). Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostrreatus*) on fermented moso bamboo sawdust. Journal of King Saud University - Science. doi:10.1016/j.jksus.2018.04.021

Yildiz, S., Yildiz, Ü. C., Gezer, E. D., & Temiz, A. (2002). Some lignocellulosic wastes used as raw material in cultivation of the Pleurotus ostreatus culture mushroom. Process Biochemistry, 38(3), 301–306. Doi: 10.1016/s0032-9592(02)00040-7