UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE PRODUCCIÓN DE *Agaricus bisporus* L. EN EL ECUADOR

AUTOR

Agustín Gonzalo Varela Gamboa

DIRECTORA

Ing. Sandra Luisa Soria Re, Ms. C.

PASTAZA – ECUADOR
2021

Declaratoria de Autonomía y Cesión de Derechos

Quien suscribe Agustín Gonzalo Varela Gamboa con C.I. 1804619102; hace constar que es autor del Trabajo de Integración Curricular titulado: "Análisis bibliográfico de producción de *Agaricus bisporus* L. en el Ecuador" el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección de la tutora de dicho trabajo, Ing. Sandra Luisa Soria Re Ms. C. 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 2 días del mes de agosto del 2021.

Agustín Gonzalo Varela Gamboa

C.I.1804619102

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribual de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado "ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE PRODUCCIÓN DE *Agaricus bisporus* L. EN EL ECUADOR".

Ing. Bélgica Dolores Yaguache Camacho, Ms. C.

Presidente del tribunal

Dra. C. María Adela Valdez Sáenz, Ph.D

Miembro del Tribunal

Ing. Patricio Fabian Naranjo Delgado, Ms. C.

Miembro del Tribunal

Certificado No. 223-SAU-UEA-2021

Puyo, 02 de agosto de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Agustín Gonzalo Varela Gamboa, con C.l. 1804619102, con el Tema: **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE PRODUCCIÓN DE *Agaricus bisporus* L. EN EL ECUADOR.",** de la carrera, Ingeniaría Agropecuaria. Directora de la investigación, MsC. Sandra Luisa Soria Re, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 29 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 - .

Agradecimiento

Primero quiero agradecer a Dios por todas las bendiciones brindadas a lo largo de mi vida y permitirme alcanzar este logro académico.

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo incondicional de mi madre y mi padre como aliento fundamental a lo largo de toda mi formación académica, con buenos y malos momentos, pero siempre han sabido guiarme por el camino de la educación y los valores.

Agradezco a todos los docentes que a lo largo de la carrera han sabido brindar su conocimiento y enseñanzas en cada una de las asignaturas brindadas para poder alcanzar los conocimientos necesarios que me permitan desenvolverme como un buen profesional.

De manera especial quiero agradecer a la Ms. C. Sandra Soria por la ayuda que me ha brindado a lo largo de la carrera y sobre todo como pieza fundamental en el desarrollo del Proyecto Final de Titulación.

Agradecer a mi novia Paola Pazmiño quien me ha brindado su tiempo, conocimientos y apoyo en cada etapa del desarrollo de mi carrera universitaria.

Agustín Gonzalo Varela Gamboa

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón este Proyecto de Titulación a mi mamita Rosita, a mi padre Guillermo, a mi abuelita Olguita, a mi tío Jorge, a mis hermanos Nicolas y Alejandrina, a mis primos Andrés, Santiago, y Daniela y a mi novia Paola. Ellos han sido quienes han estado apoyándome de una u otra manera en toda mi carrera universitaria y me han brindado toda la fortaleza para poder alcanzar estos logros de mi vida por lo que todo el esfuerzo entregado en este trabajo se lo dedico a toda mi familia.

Agustín Gonzalo Varela Gamboa

RESUMEN

El champiñón es el hongo más cultivado en el mundo; sin embargo, en Ecuador es poco conocida y relativamente nueva. Por sus altos contenidos nutricionales la producción de champiñón se ha incrementado considerablemente. Este cultivo demanda de un compostaje con condiciones nutriciones específicas como la relación C/N, un pH de 7,5 – 8,5 humedad aproximada de 71 y 72 % y la fase de pasteurización que garantiza un sustrato libre de competidores. El clico de cultivo debe ser manejado en una infraestructura que perita controlar el ingreso de luz solar la temperatura y la humedad ya que en cada fase de desarrollo desde la siembre que requiera una temperatura de 22 a 24 °C con una humedad relativa del 85 – 90 °C, en la aparición de los primeros botones la temperatura desciende a 18 °C y la humedad disminuye a 70 – 85 %, en la etapa de cosecha debemos tener temperaturas de 13 – 15 °C y a humedad se mantiene. Este cultivo se puede desarrollar en cordones, estantes, bandejas, y cultivo en sacos, se reporta la evaluación con ocho sustratos y los de mejor rendimiento en 20 Kg de sustrato fueron: el tamo de lenteja con 9.5 kg, el bagazo de caña con 9.2 kg, y el tamo de arveja con 8.4 kg de hongos cultivados.

Palabras claves: *Agaricus bisporus*, champiñón, sustrato, compost, producción.

ABSTRACT

The mushroom is the most cultivated mushroom in the world; however, in Ecuador it is little known and relatively new. Due to its high nutritional content, mushroom production has increased considerably. This crop demands composting with specific nutritional conditions such as the C / N ratio, a pH of 7.5 - 8.5, approximate humidity of 71 and 72% and the pasteurization phase that guarantees a substrate free of competitors. The cultivation space must be managed in an infrastructure that adequately controls the entry of sunlight, temperature and humidity, since in each phase of development from sowing that requires a temperature of 22 to 24 ° C with a relative humidity of 85 - 90 ° C, in the appearance of the first buttons the temperature drops to 18 ° C and the humidity decreases to 70 - 85%, in the harvest stage we must have temperatures of 13 - 15 ° C and humidity is maintained. This crop can be developed in cords, shelves, trays, and culture in sacks. It is reported eight substrates that were evaluated and those with the best performance in 20 kg of substrate were lentil chaff with 9.5 kg, cane bagasse with 9.2 kg, and pea chaff with 8.4 kg of cultivated mushrooms.

Keywords: *Agaricus bisporus*, mushroom, substrate, compost, production.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL **1**

Índice de tablas **3**

Índice de figuras **3**

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN **4**

1.1 Justificación **6**

1.2 Planteamiento del problema **7**

1.3 Objetivos **7**

1.3.1 Objetivo general: 7

1.3.2 Objetivos específicos: 7

CAPÍTULO 2: Fundamentación teórica **8**

2.1 Origen de *Agaricus bisoporus* 8

2.2 Taxonomía 8

2.3 Morfología 8

2.4 Ciclo de reproducción del hongo 10

2.5 Propiedades nutricionales de *A. bisporus* 10

2.6 Cultivo de *A. bisoporus* y fases del cultivo 11

2.7 Requerimientos de clima 12

2.8 Sustratos utilizados 14

2.9 Manejo del cultivo **15**

2.9.1 Compostaje- Fase I 15

2.9.2 Pasteurización 16

2.9.3 Siembra e incubación 16

2.9.4 Cobertura 18

2.9.5 Fructificación 18

2.9.6 Cosecha 19

2.10 Producción de *A. bisporus* **20**

2.11 Sistemas de manejo **21**

2.11.1 Producción en cordones de compost 21
2.11.2 Producción en estantes.....21
2.11.3 Producción en bandejas 21
2.11.4 Cultivos en sacos 21
CAPÍTULO 3: Metodología de la investigación 22
3.1 Tipo o Diseño de Investigación: 22
3.2 Métodos de Investigación: 22
3.2.1 Búsqueda de información 22
3.2.2 Descripción.....22
3.2.3 Enumeración de las partes 23
3.2.4 Clasificación 23
3.2.5 Variables de estudio 24
3.2.5.1 Descripción del ciclo del cultivo de *A. bisporus.* 24
3.2.5.2 Evaluación del rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos y sistemas de cultivo. 24
3.2.5.3 Análisis del desarrollo productivo de *A. bisporus* en el Ecuador.....24
Capítulo 4: Análisis de resultados 25
4.1 Descripción del ciclo de cultivo de *Agaricus bisporus* y las técnicas de cultivo. 25
4.2 Evaluación del rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos y sistemas de cultivo. 33
Conclusiones.....40
Recomendaciones 41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42
Anexo Nº1: *Publicaciones sobre la producción en el cultivo de A bisporus.*.....47
Anexo Nº2: *Publicaciones sobre la producción en el cultivo de A bisporus.*.....53

Índice de tablas

Tabla 1. *Clasificación Taxonómica de A.bisporus* 11

Tabla 2. *Componentes ntricionales del champiñón*.....11

Tabla 3. *Condiciones ambientales para el desarrollo del cultivo de champiñón* 122

Tabla 4. *Propiedades físico-químicas de tres tipos de estiércol* 15

Tabla 5. *Condiciones ambientales para el cultivo del champiñón*.....27

Tabla 6. *Condiciones para alcanzar un compost ideal*.....29

Tabla 7. *Rendimiento de A. bisporus en diferentes investigaciones realizadas en Ecuador.* 33

Tabla 8. *Publicaciones sobre la producción en el cultivo de A bisporus* en Ecuador. 37

Índice de figuras

Figura 1 *Partes de un champiñón……9*

Figura 2 *Ciclo de vida de A.bisporus……..10*

Figura 3 *Fase de cultivo de A.bisporus……..28*

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Agaricus bisporus* L. o champiñón nace en Francia en el año de 1650. En el mundo se cosechan 2,380,999 t al año de este hongo, China es el primer país productor de esta especie, pues en Asia se reporta 876,198 t/año; le siguen Europa con 986,982 t/año; Norteamérica 462,500 t/año, Oceanía con 47,000 t/año y por último en América Latina donde se producen 11,030 t/año (González, 2009).

En el Ecuador el consumo de *A. bisporus* no es muy conocido por toda la población, pese a esta situación las técnicas de cultivo empleadas han permitido que varios agricultores puedan insertar este producto dentro de su mercado ya que para cultivarlo este requiere de alrededor de 5 a 7 semanas y también de materia orgánica compostada utilizando sustratos como: el tamo de trigo, gallinaza, urea, yeso, melaza y soya; sin embargo, estos materiales no son necesariamente de producción local, de ahí la importancia de utilizar materias primas de fácil acceso como: el bagazo de caña, tamo de chocho y tamo de arveja (Santillán & Morocho, 2018).

A. bisporus es capaz de transformar toda la biomasa lignocelulósica en alimento nutritivo y orgánico, presenta varias ventajas frente a otros alimentos ya que su ciclo de producción es relativamente corto en comparación a otros cultivos, presenta una inversión baja y los sustratos antes mencionados cuando se finaliza su producción pueden ser reutilizados como abonos orgánicos y mientras que los hongos de descarte pueden ser destinados a la alimentación animal por los componentes de este sistema productivo son optimizados pensando en la circularidad de la producción; por lo que es necesario destacar que el productor debe estar capacitado pues sin un buen manejo de procesos de producción en las fases de preparación del sustrato, siembra, riego y cosecha no se llega a tener un producción satisfactoria (Ardón, 2007).

De acuerdo con Mogrovejo, Arias & Vidal (2020) el hongo comestible posee altos niveles de nutrientes (buenos valores proteicos, vitamínicos y minerales) y medicinales, lo que podría contribuir a la alimentación del pueblo ecuatoriano, a su vez, este tipo de hongo debería ser considerado como una opción viable que de acuerdo con la necesidad puede adaptarse al nicho de mercado correspondiente.

Así también debido a que este tipo de producto ha sido considerado como el principal sustituto de otros productos con altos componentes químicos es que nace la necesidad y requerimiento de producción y comercialización de *A. bisporus* en el país (Mogrovejo, Arias & Vidal, 2020).

Aunque este cultivo posee un amplio potencial para el desarrollo agrícola en el Ecuador; su estado del arte actual no ha sido difundido eficientemente. Por lo cual fue necesario llevar a cabo la recopilación bibliográfica que sustenta al presente proyecto titulado "Análisis bibliográfico de producción de *Agaricus bisporus L*. en el Ecuador", basado en describir el ciclo de cultivo junto a sus técnicas de cultivo; así como, evaluar el rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos y sistemas de cultivo. Por lo cual, se espera que en un futuro esta investigación contribuya como una guía para los pequeños y medianos agricultores que deseen incursionar en nuevos emprendimientos del sector agrícola.

1.1 Justificación

Agaricus bisporus comúnmente conocido como champiñón de Paris o seta de botón blanco; es la parte reproductora visible, carnosa y comestible de un organismo con estructura compleja, cuya parte vegetativa, la más extensa, está formada por una red de sutilísimos filamentos, generalmente microscópicos, llamados hifas, que en conjunto constituyen el micelio. En algunos casos, las hifas pueden agruparse, formando cordones, perceptibles a simple vista, en cuyo caso reciben la denominación de rizomorfos, por presentar cierto parecido a una raíz (Gaitán, Salmones, Pérez & Mata, 2006).

Pese a ser una especie comercializada para la alimentación humana a nivel mundial, su producción en el Ecuador no es muy conocida debido a las condiciones climáticas específicas de humedad y altitud existentes; aproximadamente se necesita alrededor de 87 días para el proceso de su producción en cuartos oscuros y fríos respectivamente y 17 días para los primeros brotes (Córdova, Reyes & Vera, 2003).

En el país este tipo de producción tuvo su inicio en las provincias de Pichincha y Carchi, en donde, se la ha centralizado y ésta cubre alrededor del 80% del consumo nacional, en donde el 20% restante procede de otros países (Mogrovejo, Arias & Vidal, 2020).

La viabilidad de la producción de este tipo de hongo requiere del conocimiento de los diversos sistemas de cultivo que pueden ser empleados como son la utilización de bolsas de plástico, bandejas de madera con un sistema de ventilación controlado sin olvidar, que este necesita de un compostaje ideal dividido en 2 fases para que su producción sea optima y se lleve al mercado (Ardón, 2007).

Durante los últimos años, aunque este cultivo no es tradicional, se han realizado estudios agronómicos con la finalidad de incrementar el rendimiento de *A. bisporus* a nivel nacional, donde se han empleado sustratos con varios tipos de materias primas; sin embargo, la información actual es escasa, por lo cual el presente proyecto tiene como objetivo realizar un análisis del desarrollo productivo de *Agaricus bisporus* para determinar la factibilidad técnica de este cultivo en la producción agrícola de Ecuador.

1.2 Planteamiento del problema

¿Las técnicas de cultivo desarrolladas en *A. bisporus* son factibles para la producción agrícola del Ecuador?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Analizar el desarrollo productivo de *Agaricus bisporus* L. para determinar la factibilidad técnica de este cultivo en la producción agrícola de Ecuador.

1.3.2 Objetivos específicos:

1. Describir el ciclo de cultivo de *A. bisporus* junto a sus técnicas de cultivo.
2. Evaluar el rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos y sistemas de cultivo.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Origen de *Agaricus bisoporus*

Los champiñones blancos (*Agaricus bisporus* L*)* son eucariontes pertenecientes a la clase basidiomiceta (Song y otros, 2021). Según Sandoval (2012) los champiñones fueron descritos por Oliver de Serres; aunque en un principio estos se cultivaban al aire libre, no fue sino hasta finales del siglo XVIII que se descubrió que las condiciones de oscuridad como bodegas, minas y galerías subterráneas proporcionaba mejores resultados en su cultivo.

2.2 Taxonomía

De acuerdo con Narváez (2008), la clasificación taxonómica de *A. bisoporus* corresponde a un hongo verdadero, misma que se describe en la tabla 1.

Tabla 1: *Clasificación Taxonómica de A.bisporus.*

Reino	**Fungi**
División:	Eucomycota
Subdivisión:	Basidiomycotina
Clase:	Hymenomycetes
Orden:	Agaricales
Familia:	Agaricaceae
Género:	*Agaricus*
Especie:	*bisporus*
Variedades:	Imbach, aldibus, avellaneus

Fuente: Narváez (2008)

2.3 Morfología

En su investigación, Vikhess (2015) menciona que a cada parte de *A. bisporus* le corresponda una función como se detalla en la figura 1.



Figura 1. *Partes de un champiñón*

Fuente: Fungiturismo (2015).

- **Sombrero:** Es la estructura del hongo con mayor contenido de alimento, la funcion biológica que desempeña es albergar al himenio para así facilitar al adecuado desarrollo de las esporas (Vikhess, 2015). Mide de 5 a 12 cm de diámetro) que al inicio es semiesférico, pero luego toma una forma plana-convexa con un pie cilíndrico que posee un anillo en el lado superior de fácil desintegración (García, 2009).
- **Himenio:** Parte escencial para la reproducción del hongo, ya que en las laminillas que posee se generan las esporas (Vikhess, 2015). Se ecncuentra ubicado en la parte inferior del sombrero; al iniciar la fase de crecimiento, se cubre por una membrana denominada "velo" que posteriormente se rompe y se une al pie, formando el anillo (Lomas, 2015).
- **Laminillas:** Rodeada de basidios que dan origen a las esporas que son de color chocolate; mientras que la carne blanca, posee tonos rosas en el corte, así como también un sabor agradable y olor que se percibe levemente (García, 2009).
- **Basidios:** Estructuras microscópicas que intervienen como célula madre, en la punta de los basidios y generan dos basidiosporas (Vikhess, 2015).
- **Pie:** Es la base estructural que da sosten al sombrero y el himenio sobre la superfice, esto tambien facilita la diseminacion de esporas en el ambiente (Vikhess, 2015).
- **Micelio:** conjunto de hifas, que su funcion es de proveer nutrientes al hongo (Vikhess 2015).

2.4 Ciclo de reproducción del hongo

La Figura 2, corresponde al ciclo de vida de *A. bisporus* el cual parte de la germinación de las esporas hasta la formación de cuerpos fructíferos que corresponde al producto final para la comercialización.

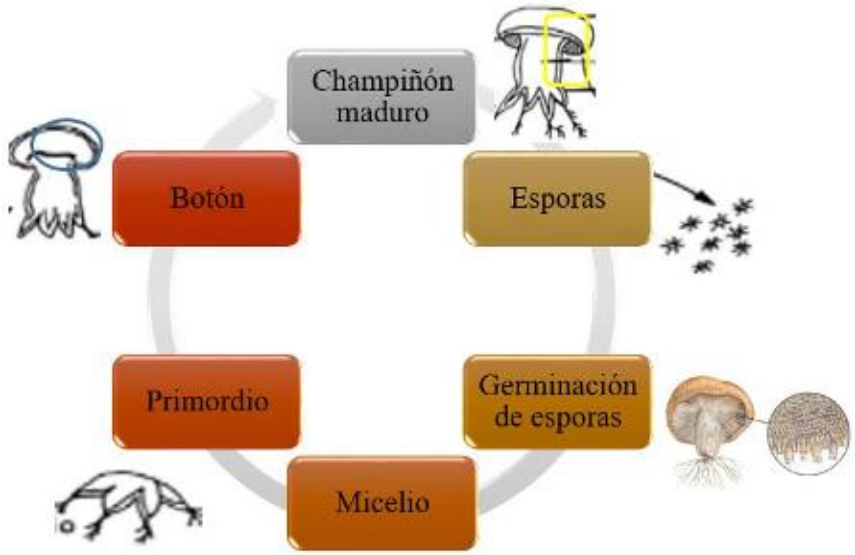


Figura 2. *Ciclo de vida de Agaricus bisporus*

Fuente: Lomas, (2015)

2.5 Propiedades nutricionales de *A. bisporus*

De acuerdo con Cano & Romero (2016) la importancia de los hongos en la nutrición humana radica en su valor dietético (bajo contenido en carbohidratos y grasas), grandes cantidades de proteínas (20-40% del peso seco) y vitaminas, que los hacen más altos que la mayoría de las frutas y verduras. Además, por sus propiedades sensoriales, han demostrado ser deliciosos complementos en la alimentación motivo por el cual, en la actualidad se está dando un incremento de su consumo tanto a nivel mundial como nacional.

El champiñón, a diferencia del resto de hortalizas contiene los veinte aminoácidos esenciales, que son aquellos que el cuerpo humano no puede generar por sí solo como fuente principal los ácidos grasos se convierten en otros metabolitos dentro del organismo, favorecen la disminución de los altos niveles sanguíneos de colesterol y el riesgo de formación de coágulos, hay que reconocer que ingerirlos con frecuencia

proporciona energía y mejora el sistema inmunológico para que nuestro cuerpo conserve un peso corporal adecuado (Güipi, 2017).

En la tabla 2, se presenta el valor nutricional de los champiñones *A. bisporus* en una porción de 100 gramos.

Tabla 2. *Componentes nutricionales del champiñón*

Nutriente	Cantidad
Calorías	26
Proteína	0.5 g
Grasas	0.2 g
Carbohidratos	5.1 g
Fibra	1.5 g
Azúcares	1.8 g
Colesterol	0 mg
Sodio	6 mg
Potasio	484 mg
Hierro	3%
Calcio	1%

Fuente: Córdova, Reyes, & Vera (2003)**.**

Elaborado por: Varela (2021).

2.6 Cultivo de *A. bisoporus* y fases del cultivo

Las primeras fases de aislamiento del micelio en cultivo puro y producción del inóculo se realizan en la actualidad en laboratorios especializados, que han pasado a ser importantes industrias en la producción de este tipo de hongos, sin embargo, esta manera de cultivarlos debe garantizar que, de acuerdo con la especie en desarrollo, ésta tenga todos los requerimientos nutricionales para su posterior crecimiento (Instituto de Ecología, A.C., 2019).

La fungicultura, a grande, media y pequeña escala, como actividad industrial, precisa de un punto de partida perfectamente garantizado y cuidadosamente seleccionado. Esta exigencia es común a las demás actividades agrícolas. El empleo de semillas seleccionadas es una necesidad imprescindible en toda la agricultura moderna. Pese a

ello, hallarse en condiciones de efectuar en forma autónoma todos los pasos que llevan a la producción de hongos puede resultar muy interesante y también más rentable, tanto porque permite adquirir una habilidad de manipulador microbiológico, como porque representa un considerable ahorro en los gastos de adquisición de la semilla (Castañón, 2017).

Para que exista una colonización del cultivo se debe iniciar con la siembra de granos generalmente de cereales que poseen el micelio del hongo inoculado, esto da inicio a la germinación de esporas que empezarán a invadir el compost en forma de moho o como telarañas, este proceso puede durar de entre diez a 15 días desde que las semillas son colocadas en el compost, una vez colonizado el compost con *A. bisporus* se debe aplicar una capa de cobertura de tierra negra con características de retención de humedad, en la mencionada capa, se encuentran bacterias del género *Pseudomonas* que son fundamentales para que el hongo pase de una fase vegetativa a una fase productiva de crecimiento, dando como origen los carpóforos o cuerpos fructíferos (Rangel y otros, 2006).

Las fases de cultivo de *A. bisporus* inicia con el aislamiento de las esporas gracias a esporas de hongos maduros para la producción del micelio del hongo en cultivo puro que será inoculado en granos de trigo para que se presente la siembra en un sustrato compostado por fuente de paja, bagazo de caña, tamo de alverja junto a relación C/N en el estiércol de animales como caballos y gallinas. Tras el sustrato colonizado origina el primer micelio y se lo cubrirá con tierra de cobertura para el desarrollo de los cuerpos fructíferos (Pacioni, 1997).

2.7 Requerimientos de clima

En la Tabla 3 se exponen las condiciones ambientales requeridas para un óptimo cultivo de champiñón.

Tabla 3. *Condiciones ambientales para el desarrollo del cultivo de champiñón*

Fase de cultivo	Humedad Relativa (%)	Temperatura (ºC)	Duración (días)	Ventilación	Luz
Siembra	90-95	Sustrato: 20-22	1	40%	Sí

Incubación (compost)	90-100	Ambiente: 21-23 Sustrato: 23-27	12-15	Ninguna	No
Incubación (cobertura)	90-100	Ambiente: 21-23 Sustrato: 23-27	12-15	Mínima	No
Formación de primordios	95-100	Ambiente: 21-23 Sustrato: 23-28	4	Mínima	No
Cosecha	70-80	Ambiente: 18-20 Sustrato: 18-19 Ambiente: 17-19	28-42	Variable	Sí

Fuente: García (2009)**.**
Elaborado por: Varela (2021).

El movimiento del aire, además de regular la temperatura, la concentración de CO_2 y la humedad, sirve para crear una aireación homogénea en todo el ámbito del local y en los lechos de producción. Con ello se evitan las estratificaciones de la temperatura y la creación de bolsas de aire estancadas, el cambio de aire varía de acuerdo con la fase operatoria o con el ciclo de desarrollo del hongo, pero también de acuerdo con la especie cultivada *Agaricus bisporus* precisa 4 - 6 cambios por hora (González, 2006).

No siempre el cambio se efectúa con aire fresco procedente del exterior; normalmente, por evidentes razones económicas de acondicionamiento y humectación, se hace el reciclaje del propio aire del local. Pero esta economía puede provocar, como consecuencia, concentraciones de CO_2 superiores a las convenientes que dan lugar a hongos de pie excesivamente largo y sombrerillo subdesarrollado (Córdova, Reyes & Vera, 2003).

Por otra parte, cuando ya se han formado los cuerpos fructíferos se van desarrollando gradualmente, con ligeras aspersiones diarias, que lleven a alcanzar un valor del 70 - 75 % de humedad en el momento anterior a la cosecha. La finalidad de estos riegos, antes de la recolección, es la de mantener la superficie de recubrimiento porosa y siempre húmeda. Si se han producido condiciones de sequedad, debidas a causas accidentales, conviene volver a humedecer el lecho, muy lentamente durante varios días consecutivos (Minotto, Bernardi, Neugebauer & Soares, 2014).

Por regla general se precisan tres días de riego para los sustratos de estiércol de caballo, mientras los sintéticos, que se riegan cuando ya se ha incorporado el suplemento elegido, exigen de 5 a 12 días; estos se deben ubicar un sitio que permita el movimiento necesario del abono orgánico para alcanzar la madurez de prefenrencia un lugar bajo techo o cubrirlo con plastico, sacos y hojas anchas, sobre el suelo o concreto, este punto es importante conciderarlo ya que si el compostaje se realiza sobre el suelo, este puede contaminar de microorganismos patógenos, que afectarían en el desarrollo del cultivo (Minotto, Bernardi, Neugebauer & Soares, 2014).

2.8 Sustratos utilizados

García (2009) manifiesta que, en la producción de champiñones se necesita preparar un sustrato que también se denomina compost. La función principal del sustrato es la de alimentar al champiñón, porque al ser un organismo heterótrofo toma los elementos nutritivos necesarios del sustrato donde se desarrolla (González, 2006). Este puede formularse con diferentes materias primas en función del requerimiento de la especie. Entre los sustratos que se pueden citar están: restos de moliendas de caña, restos de cosechas, desechos de cocina (frutas, verduras, hortalizas) y restos de madera como aserrín y viruta que son una excelente fuente de carbono, mientras que el estiércol de animales como caballos, cerdos, aves, vacas, ovejas, animales menores, aporta fundamentalmente nitrógeno (Ramos & Terry, 2014).

Se debe tomar en consideración que los materiales utilizados presenten una relación en carbono y nitrógeno de 3 a 1. Esto indica que se tiene que aplicar 3 porciones de materiales ricos en carbono, pero bajo en nitrógeno y 1 porción alta en nitrógeno, pero baja carbono como ejemplo se puede mencionar que las heces de los animales son compuestos altos en nitrógeno y los residuos más duros como el aserrín son altos en

carbono, cada uno de los materiales a emplear poseen sus características fisicoquímicas específicas (Naranjo, 2013).

Se considera los aspectos necesarios para alcanzar a un producto de calidad y de gran eficiencia: relación C/N de los materiales de 24 a 1, tamaño de la partícula menor a 5 mm del material leñoso contenido de humedad de los productos del 72 %, temperatura de pila de 60 °C durante tres días como mínimo, aeración de las pilas por canales de ventilación y volteo, tamaño de la pila: Longitud mayor a 2 m, ancho debe ser igual a 1-2 m por último de alto debe ser igual a 1 -1.5 m. (Minotto y otros, 2014).

El exceso de agua llena los espacios ocupados por el aire. Un grado de humedad excesivamente bajo, en el sustrato, además de disminuir la actividad microbiana, dispersa el calor de la fermentación. Es decir, un exceso de agua, por encima del 75 % determina la presencia de poco aire; mientras que poca agua por debajo del 67 %, incide en un elevado contenido de aire. Para el material de partida con el estiércol equino, el nivel óptimo del agua es del 69-71 %, mientras que en los sustratos sintéticos este valor asciende a valores del 71-73 % (Garcés y otros, 2005).

En la tabla 4 que se muestra a continuación, se presentan las propiedades fisicoquímicas de algunos materiales utilizados para el compostaje del cultivo *A. bisporus:*

Tabla 4. *Propiedades fisicoquímicas de tres tipos de estiércol*

Material	Nitrógeno(%)	Cenizas (%)	Humedad (%)	pH
Bovinaza	7	19.02	84.88	8.31
Equinaza	1.09	60.88	16.48	7.91
Pollinaza	3.50	19.86	21.18	8.65

Fuente: García (2009)**.**
Elaborado por: Varela (2021).

2.9 Manejo del cultivo

2.9.1 Compostaje - Fase I

La primera capa que posea el mayor volumen en relación con el C/N debe llevar una capa de 20 cm de espesor, y se aplica el primer riego para luego aplicar la capa de

estiércol animal de 5 cm de espesor, y se aplica un nuevo riego. Este proceso se realiza una y otra vez hasta alcanzar una pila de 1,50 m de altura. Se planifica el volteo del sustrato para garantizar la aireación la oxigenación de la pila (García K. , 2009).

2.9.2 Pasteurización - Fase II

Mogrovejo, Arias & Vidal (2020) consideran que en el cultivo de *A. bisporus*, que la fase II es de vital importancia puesto que es la finalización del proceso de compostaje; su temperatura de 62 °C juega un papel importante puesto que esta se requiere en fase de inicio de 2-8 horas, posteriormente su temperatura baja hasta 58 °C considerando que se necesita una sala de pasteurización.

Se atraviesa una fase de vapor, el mismo será impulsado e inducido por ayuda del ventilador que se encuentra en la base del lugar, se procede a ser enviado nuevamente por el túnel para ser reciclado y se requiere de 14 días aproximadamente (Garrido, 2015).

2.9.3 Siembra e incubación - Fase III

Una vez que la temperatura del compost este debajo de los 30 °C se inicia el proceso de siembra que constituye la fase III, conservando la temperatura entre 15 y 25 °C. La siembra del micelio se realiza en cuatro líneas a tres bolillos, a 15 - 20 cm y a una profundidad de 1 - 2 cm, procurando mantener la humedad ambiental con lloviznas de agua, luego de 14 - 18 días el micelio del hongo ha colonizado el sustrato, por lo que se aplica una capa de cobertura de 2 cm de espesor y ligeramente húmeda (Bortzirietako, 2021).

Ya se ha destacado la importancia del agua para el desarrollo del micelio del hongo, tanto por carencia como por exceso de humedad. Para el champiñón se ha observado que valores de humedad que sobrepasen 2 % de los valores óptimos comprometen la producción de los esporocarpos. La humedad necesaria para el desarrollo de los champiñones es del 90 -100 % (Ávila , 2013).

Si el compost es más seco ha de ser regado y mezclado; en caso contrario se añade yeso hasta que no aparezca líquido. Obviamente, también la temperatura del sustrato ejerce una marcada influencia en el crecimiento del micelio (González R. , 2009).

La temperatura óptima se encuentra sujeta a variantes, que dependen de la especie del champiñón sembrado. Para el *Agaricus bisporus* es de 25 °C. A temperaturas más elevadas tiene lugar una rápida inactivación del micelio, hasta el punto de que a 32 °C el micelio aparece como biológicamente muerto el rendimiento o sea la cantidad de hongos recolectada por cantidad de compuesto, se halla ampliamente condicionada por la cantidad, en peso seco, del sustrato empleado por unidad de superficie. En el cultivo del champiñón se han de emplear, como mínimo, 24.5 kg por metro cuadrado, pero en realidad los fungicultores suelen utilizar unos 40 kg por metro cuadrado (González, 2006).

El crecimiento del micelio del hongo, en la fase de colonización del compuesto, desarrolla una elevada temperatura, que alcanza su punto máximo (32 °C) a los 7 - 9 días de la siembra. Ello puede iniciar una posterior generación de microorganismos termófilos, con la aparición de temperaturas aún más elevadas y la muerte, total o parcial, del micelio del champiñón sembrado. Para favorecer al máximo el control de la temperatura, el espesor del lecho se mantiene relativamente bajo, no debiendo sobrepasar los 30 cm. Por regla general, en las condiciones favorables, la colonización del compuesto se realiza en dos semanas (Instituto Misionero de Biodiversidad, 2019).

Concluida esta fase, si por causa de fuerza mayor se hiciera preciso retrasar el recubrimiento, se puede refrigerar el conjunto, en espera de efectuar las últimas operaciones. El factor más importante sobre el que se basa la siembra es que ésta ha de ser con una adecuada concentración de esporas que permita la colonización del sustrato de la forma más rápida posible, para prevenir al máximo el desarrollo de organismos competidores. Para aumentar el número de puntos de inoculación, la semilla puede dividirse en cada uno de los granos el día anterior a la siembra (Ramos y otros, 2019).

La siembra será viable si sólo se realiza cuando el compost alcanza una temperatura de 20 - 54 °C; se necesita que esta se logre cubrir la superficie con una capa de tierra que alcance tres centímetros de espesor cuando el micelio del hongo se ha colonizado el sustrato; asi mismo la tierra debe ser porosa, absorbente y libre de insectos, bacterias u hongos que pongan en riesgo la producción de champiñones (Cano & Romero, 2016).

2.9.4 Cobertura - Fase IV

De acuerdo con González (2006) la fase IV es la aplicación de una cobertura o capa de tierra que se dispone sobre el compost invadido por micelio donde se formarán los champiñones. La fructificación necesita de un microclima húmedo para que se formen las esporas, gracias a este se crea un ambiente que:

- protege el compuesto colonizado de la desecación
- provee una reserva de agua para el desarrollo de los esporocarpos;
- ayuda al desarrollo de una microflora especial que estimula el proceso de fructificación.

Zambrano (2019) indica que los materiales idóneos para el recubrimiento deben tener unas características especiales como retención de agua, estructura porosa y suelta, desarrollo de microflora estimulante, pH 7-7.5 y una higiene garantizada.

Finalmente, el recubrimiento deberá ser rugoso con relieves y presentar una estructura porosa, para la formación de los botones el micelio del hongo inicia su proceso reproductor para llevar a cabo los esporocarpos, por lo granos se desarrollan embriones para más tarde formarse hongos, está ligado principalmente a cambios ambientales de estaciones (Ávila , 2013).

2.9.5 Fructificación – Fase V

En los posteriores 20 días se inicia la fructificación del hongo (fase V), que se prolonga durante unos 50 días, por lo que el ciclo productivo dura unos 100 días. El rendimiento medio obtenido con este sistema es de 6 - 8 kg/m^2 (Zambrano, 2019).

Para la fructificación del champiñón según Mogrovejo, Arias & Vidal (2020) se han de respetar las condiciones que a continuación se destacan:

1. Estrato de recubrimiento con un nivel de humedad constante,
2. estrato de recubrimiento poroso e irregular,
3. humedad ambiental aproximada al 75 %.
4. Incubación en la oscuridad.

Durante esta fase se opera de acuerdo con las modalidades que se ha expuesto al referirse a la colonización de esporas. Cuando el micelio del hongo aparece y aumenta de tamaño en los declives superficiales, significa que ya se halla en condiciones de reproducirse; la aparición del micelio ha de tener lugar en forma uniforme sobre la totalidad de la superficie. Si se presentaran manchas aisladas de micelio, deben ser tapadas por una ligera capa de recubrimiento, dado que son el signo evidente de irregularidades en el espesor de colonización, en las condiciones debidas, rápidamente, en el espacio de 1 - 2 días han de llevarse a efecto algunos importantes cambios ambientales (Mogrovejo, Arias & Vidal, 2020).

El control de los cambios ambientales se realiza para conseguir:

1. Descenso de la temperatura del aire

2. Disminución del contenido de anhídrido carbónico (CO_2) con ventilación

La disminución de la temperatura ambiental provoca sobre el micelio vegetativo una condición de shock, importantísima para el inicio de la fase reproductora. El descenso de la concentración de CO_2, en cambio, resulta necesaria para no inhibir la formación de micelio. El micelio, forma unas texturas blancuzcas, donde posteriormente aparecerán corpúsculos esféricos, que son precisamente las esporas. A partir de este momento, se mantuvo una ventilación regulada, con la introducción de aire fresco que aleje el CO_2, mientras la humedad tanto como la temperatura, se mantienen siempre en sus valores (Pardo, Reis, Cunha & Pardo, 2012).

2.9.6 Cosecha Fase VI

La temperatura debe mantenerse entre 14°C y 17 °C puesto que esta temperatura favorece al crecimiento de champiñones cuando se presenta la temperatura mayor a la mencionada existe el riesgo que de presencia de enfermedades y plagas y se perderá por completo la pérdida total de producción es por esta razón que se recomienda pasar inmediatamente a un sitio de empacado y conservación, evitar que la superficie se encuentre mojada por mas de una hora ya que hay riesgo de formación de bacterias y su calidad se vería comprometida (Zambrano, 2019).

Los hongos se sujetan por la base del pie y se arrancan mediante un movimiento de torsión, depositándolos en un cesto u otro contenedor de paredes rígidas. Una vez

apartados de la zona de recolección se procede a una limpieza de los esporocarpos, separando mediante un cuchillo afilado la base del pie, para eliminar los restos del sustrato (Fernández, 2005).

Las partes separadas, se colocan en una bolsa de plástico, para que no se produzca la difusión de parásitos, la recolección del producto se verifica en un intervalo de días y se procede a recoger lo antes posible en un solo (Minotto, Bernardi, Neugebauer & Soares, 2014).

2.10 Producción de *A. bisporus*

Se inicia luego de 23 a 26 días tras haber realizado la cobertura. En esta etapa se debe continuar ventilando y supervisando que el aire no se exceda ya que, puede resecar la epidermis del hongo (Córdova, Reyes & Vera, 2003).

La producción de esporocarpos sobre un mismo lecho de cultivo se repite periódicamente y originan varias generaciones de hongos. Las producciones cíclicas, reciben el nombre de esporadas su regularidad depende de la correcta ejecución de las fases de recubrimiento y producción de esporas, los dos primeros procesos son los más productivos, a partir de ellos, se podrá estimar el rendimiento total y el número aproximado de las nuevas producciones de esporocarpos, que pueden ser obtenidos en cada cama. *Agaricus bisporus*, por regla general, ofrece la presentación del fenómeno cada 7 - 10 días (InfoAgro, 2018).

Transcurridas una o dos semanas, se riega abundantemente y el ciclo se reanuda con gran potencia. La recolección se efectúa antes de que se abra el velo parcial y se alargue excesivamente el pie es una operación muy importante; mucho más de lo que pueda parecer a simple vista, durante la etapa de los esporocarpos, los llamados hongos, pueden encontrarse perjudicados por los próximos esbozos, que también pueden influir negativamente por el estrato de recubrimiento. Se trata por lo tanto de una operación delicada que, no puede ser llevada a cabo con toda la atención debida, pues se repite centenares, millares de veces, en el transcurso de una hora (Gaitán y otros, 2006).

El rendimiento se calcula dividiendo la cantidad de hongos recolectada por m^2 por el peso seco del sustrato correspondiente a esa superficie. El máximo rendimiento obtenido oscila entre los 80 -100 %. Si el compuesto resultara excesivamente

compacto pueden tener lugar peligrosas elevaciones de la temperatura interna, que perjudican el micelio, por lo que los valores más altos de la cantidad de compuesto/m^2 debe corresponder a un eficiente sistema de enfriamiento. (Mogrovejo, Arias & Vidal, 2020).

2.11 Sistemas de manejo

2.11.1 Producción en cordones de compost

El manejo del cultivo se lo realiza en cuevas, bodegas. Se inicia con la elaboración de sustratos que pasan por un proceso de fermentación y luego la fase de pasteurización para pasar a las bandejas de siembra. (Garrido, 2015)

2.11.2 Producción en estantes

En este sistema se utilizan estantes de madera o pisos superpuestos que son sujetos por medio de soportes que tiene 0.6 – 1.20 m de ancho, sobre soportes que faciliten el manejo del cultivo a una separación de 45 – 60 cm entre cajones y un espesor de compostaje de 30 cm en cada estante (Zambrano, 2019).

2.11.3 Producción en bandejas

Estas bandejas se manejan con medidas aproximadas de 0.9 x 0.6 x 0.15 m, que son utilizadas e los cuartos de pasteurización, donde se alcanzan temperaturas de 55 – 60 °C, el proceso de pasteurización se lo realiza durante dos o tres días hasta que el compost alcance una temperatura de 40 °C, para luego pasará a los cuartos de incubación, donde se iniciará el proceso de siembra (Bortzirietako, 2021).

2.11.4 Cultivos en sacos

En este sistema se llena con 30 o 40 kg de sustrato pasteurizado, y se organizan ordenadamente en estructuras que permitan ubicarlos en filas y columnas. Este sistema alcanza producciones de entre 8 y 10 kg de hongos por saco (Ávila , 2013).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo o Diseño de Investigación:

El presente estudio fue de tipo no experimental, exploratorio y documental, sobre el desarrollo productivo de *A. bisporus*. Donde se trabajó a partir de revisión documental de: libros, revistas, tesis de pregrado y artículos científicos.

3.2 Métodos de Investigación:

El método de investigación que se utilizó en la presente revisión documental fue el método analítico. Este método comprende un proceso de investigación documental que estructura distintos elementos para poder determinar causas, efectos, de naturaleza biológica dentro del campo de las ciencias naturales y sociales.

Esta metodología facilita el conocer adecuadamente el objeto de estudio, con sus características correctas en su comportamiento. Para poder explicar y predecir el comportamiento del proceso.

3.2.1 Búsqueda de información

En este método de investigación no experimental se desarrollaron actividades de búsqueda que permitieron identificar, recopilar y sintetizar la información sobre el tema, esto también determina la explicación de hechos mediante el manejo de información en fuentes primarias y secundarias de estudio. Averiguando información en fuentes primarias y secundarias pegadas al objeto de estudio.

3.2.2 Descripción

Para iniciar con la descripción se comenzó por una definición persistente del objeto general analizado, otorgándola como factor fundamental de estudio que nos permita generar el aporte de información obtenida de los distintos buscadores y repositorios digitales.

El presente trabajo de integración curricular se direccionó a una revisión bibliográfica de la descripción del ciclo productivo y rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos, utilizando fuentes de internet como: revistas científicas, Google académico y el nuevo Microsoft Academic Search, bibliotecas virtuales, entre otras; la información fue manejada según los criterios de inclusión y exclusión propuestos

3.2.2.1 Criterios de inclusión

Las características de inclusión que fueron consideras para una búsqueda y selección de información fueron las siguientes:

- Publicaciones realizadas dentro de Ecuador durante los últimos 25 años.
- Documentos sobre la evaluación de sustratos para el cultivo de champiñón.
- Información respecto al ciclo de cultivo de *A. bisporus*.
- Manejo del sistema de cultivo en champiñones.
- Información de técnicas y condiciones de desarrollo del cultivo.

3.2.2.2 Criterios de exclusión

Las características de exclusión manejados en la selección de información que no posean relación con el tema de investigación documental fueron:

- Información de champiñones que no hablen de sustratos en *A. bisporus.*
- Fuentes bibliográficas que no sean confiables.
- Documentos que contenga relación con el objeto de estudio.

3.2.3 Enumeración de las partes

En el manejo de la exploración cronológica y ordenada en los distintos documentos que comprenden la investigación, según al tema de los objetivos planteados en la investigación como: ciclo y técnicas de cultivo en A. *bisporus* evaluación de sustratos.

3.2.4 Clasificación

La información fue clasificada y seleccionada mediante características del tema de investigación, desde las condiciones necesarias del cultivo, rendimientos de sustratos, técnicas y sistemas en *A. bisporus* que permitan un manejo eficiente en las distintas fases del cultivo.

3.2.5 Variables de estudio

3.2.5.1 Descripción del ciclo del cultivo de *A. bisporus*.

En este caso, se describió la duración de los ciclos de cultivo y las técnicas empleadas entre las diferentes investigaciones realizadas en el país con respecto a *Agaricus bisporus.*

3.2.5.2 Evaluación del rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos y sistemas de cultivo.

Para la evaluación de los rendimientos obtenidos en las investigaciones nacionales, se realizó una comparación a través de tablas conforme al rendimiento obtenido por los autores, en función de los sustratos y los sistemas de cultivo en 20 kilogramos de sustrato.

3.2.5.3 Análisis del desarrollo productivo de *A. bisporus* en el Ecuador.

Para el análisis del desarrollo productivo del *A. bisporus.* en el Ecuador se decidió responder a la factibilidad técnica luego de realizar la descripción del ciclo de cultivo y la evaluación del rendimiento en función de los sustratos junto a sus sistemas de cultivo para obtener suficiente información disponible que sustente lo mencionado.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las investigaciones acerca del cultivo de *Agaricus bisporus* indican sistemas de cultivo, técnicas de producción, evaluación de sustratos y parámetros productivos que permitan realizar una valoración de los estudios enfocados a mejorar el rendimiento y la factibilidad técnica para la posible implementación de iniciativas a nivel productivo en otras realidades y contextos del país. Si bien las investigaciones sobre fungicultura y específicamente sobre el cultivo de *A. bisporus* en Ecuador han sido limitadas, hay información disponible que se puede adaptar a las condiciones del país, pues este cultivo se lo desarrolla bajo condiciones controladas en galpones adaptados para el manejo del cultivo.

En el Anexo N°1 del presente trabajo de integración curricular se describe el análisis de documentos encontrados a nivel de América con un total de 35 artículos que equivale al 100% y en el anexo N°2 se presentan los porcentajes de la cantidad de documentos utilizados en la investigación donde: Ecuador representa al 37.1 % seguido por México con un 14.2 %,Colombia con 8.5 %,Chile y Argentina 5.7 %, Guatemala, España, Venezuela, Cuba, Estados Unidos, Uruguay, Sevilla, Canadá que corresponde al 2.8 % de la investigación

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se ha analizado los siguientes aspectos:

4.1 Descripción del ciclo de cultivo de *Agaricus bisporus* y las técnicas de cultivo.

De forma general el ciclo de cultivo de *A. bisporus* se encuentra dividido en dos fases fundamentales que se denominan: preparación del sustrato al aire libre (García, 2009) y pasteurización bajo oscuridad (Mogrovejo, Arias & Vidal, 2020). Estas etapas son una constante para el cultivo de hongos comestibles; sin embargo, los días a la cosecha que, por lo general se encuentran entre los 28 a 42 días, pueden variar también debido a factores como pH, temperatura, humedad, tipo de sustrato utilizado, relación C/N, aireación, entre otros (García, 2009).

Esto explicaría la variabilidad obtenida en los diferentes ensayos analizados durante esta revisión, puesto que García (2009) afirmó haber obtenido un promedio de 27 días a la cosecha, entre los tratamientos evaluados, con diferentes concentraciones de

pollinaza; mientras que, Sandoval (2012) obtuvo los primeros brotes a los 25 días después de la siembra, luego de haber aplicado diferentes materias primas como: bagazo de caña, rastrojo de maíz, bovinaza, porquinaza, sangre desecada, cuyinaza, residuos de cosecha y levadura de cerveza. Finalmente, Lomas (2015) expresó que los días a la cosecha cuando se utilizó tamo de trigo, tamo de arveja, tamo de fréjol y cascarilla de chocho, variaron entre 19.50; 20.75; 25.75 y 26.50 días respectivamente.

El punto crítico para un buen desarrollo del ciclo productivo de *A. bisporus* son las condiciones de manejo que se le da al compostaje ya que como se ha mencionado existen dos fases que requieren de condiciones estrictas: luz y oscuridad donde se debe mantener la temperatura, humedad y aireación adecuadas conforme a la etapa que el cultivo esté atravesando, ya sea a través del volteo, riego o sistemas de aireación; sin estas consideraciones la viabilidad de este cultivo se verá afectada. Ya que, mientras más se amplíe el ciclo del cultivo, menos rentable será para el productor.

Las investigaciones en el cultivo de champiñón corresponden a temas publicados durante los últimos 25 años en Ecuador. *A.bisporus* se reproduce sobre todo por medio de esporas, las cuales se dispersan en un estado latente y se desarollan sólo cuando hallan condiciones favorables para su germinación (Frioni, 2005).

De acuerdo con Ardón (2007) el cultivo de los champiñones, como el de cualquier otro hongo saprofito, necesita pasar por cuatro fases:

- Aislamiento del micelio en cultivo puro
- Producción de inoculo
- Inoculación y colonización del sustrato
- Producción de los cuerpos fructíferos

Las esporas de *A. bisporus* bajo condiciones ambientales adecuadas como se muestra en la tabla 5, germinan dando lugar a la aparición de una primera hifa, la cual se ramifica dando lugar al micelio secundario, a este tipo de crecimiento se le llama crecimiento vegetativo. La temperatura óptima de generación de micelio va de los 21 a 24 °C con una humedad de sustrato del 70% y la humedad relativa va de un 85 a un 90 % , cuando se presentan las condiciones adecuadas de humedad y ventilación, luego de haber aplicado la capa de recubrimiento se forman los primordios, que son la

estructura visible inicial que da origen al esporóforo, para luego evidenciar los cuerpos fructiferos.

Cuando madura el esporóforo se generan las esporas sexuales, basidiosporas. Para que ocurra el crecimiento generativo, la temperatura debe estar entre 16 y18 °C, una humedad relativa de 80 a 85% con una mayor ventilación. Para evitar que el CO_2 no rebase el 0.1 %

Tabla 5. *Condiciones ambientales para el cultivo de champiñón*

FASE DE CULTIVO	TEMPERATURA °C	HUMEDAD %	VENTILACIÓN
Desde la siembra hasta el revoco	21 – 24	85 – 90	Escasa
Desde el revoco hasta que aparecen los primeros botones	18	70 – 85	Media
Desde los primeros botones y resto de la producción	13 – 15	70 - 85	Intensa

Fuente: Pacioni (1997).
Elaborado por: Varela (2021).

En la figura 3 se describen brevemente las fases del cultivo de *A. bisporus*, el mismo que parte del aislamiento de las esporas a partir de los hongos maduros, para producir el micelio del hongo en cultivo puro que generalmente se lo obtiene en medio agar papa dextrosa (PDA) bajo condiciones asépticas de laboratorio, que posteriormente será inoculado en los granos cereales para su masificación previa a la siembra en un sustrato compostado y constituido por una fuente de carbohidratos como es la paja más el aporte de nitrógeno en algún tipo de estiércol como puede ser gallinaza, pollinaza, estiércol de caballo. Una vez se tiene el sustrato colonizado, aparecerá primero el micelio y luego de cubrirlo con tierra de cobertura y se logrará el desarrollo de los hongos para proceder al empacada y comercialización, finalmente sombreros seleccionados servirán de inóculo para reiniciar el ciclo (Pacioni, 1997).

El empleo de la paja, para sembrar en ella las colonias de micelio, ya pertenece a la historia de la fungicultura y en la actualidad ha dejado de tener interés práctico, dada la incerteza de sus resultados, debido a la elevada invasión de otros organismos saprofitos, que compiten en su desarrollo con el micelio del champiñón (Instituto Misionero de Biodiversidad, 2019).



Figura 3. *Fase de cultivo de A. bisporus*

Fuente: Pacioni (1997).

Las esporas de *Agaricus bisporus* se originan tras un fenómeno de tipo sexual, motivo que hace que el micelio obtenido se halle sujeto a una gran variabilidad genética. El procedimiento sigue empleándose para la selección y la mejora genética del micelio que se emplean para el inoculo (Cangrejo, 2017).

Las esporas pueden recogerse de la superficie del anillo, en los esporocarpos apenas abiertos o bien colocando el sombrerillo sobre una hoja de papel de aluminio para poder obtener la cosecha de esporas (Nogueira, Chavari, De Almeida & Cunha, 2010).

Las tecnicas de cultivo empleadas para *A. bisporus* son:

- **Fase I: Compostaje**

En primera instancia, se empieza con una capa de alrededor de 20 cm de espesor; donde se ocupa el material con mayor relación C/N. Luego esto se humedece regando

agua sobre la pila de manera uniforme. A continuación, se añade una capa de materia orgánica (residuos de origen animal ricos en nitrógeno), de 5 cm de espesor, para humedecerla nuevamente. Dichos pasos se repiten uno sobre otro hasta obtener una pila de 1.50 m de alto. Para contribuir con una buena ventilación, se lleva a cabo el volteo y así se oxigena el sustrato; a continuación, la pila es dejada en reposo durante 2 o 3 días hasta que la temperatura se haya elevado lo suficiente y descienda nuevamente. Los volteos continuarán con los mismos intervalos de reposo, hasta que la temperatura del interior de la pila se mantenga constante. Para ese entonces, la apariencia del material debe mostrar un color marrón oscuro de textura terrosa y sin olores desagradables (García, 2009).

En la tabla 6, se pueden observar los parámetros que debe cumplir el sustrato ideal para el cultivo de *A. bisporus:*

Tabla 6. *Condiciones para alcanzar un compost ideal*

Parámetro	Resultado
Ph	7.5 – 8.5
Humedad	71 – 72%
Nitrogeno total	2.05%
Materia Orgánica	73%
Cenizas	40%
Relación carbono/nitrogeno	24/1
Amoniáco residual	600 – 800 ppm
Temperatura del cordón	65 ºC a 80ºC
Parásitos y competidores	Libre

Fuente: Pacioni (1997) y García, (2002).
Elaborado por: Varela (2021).

- **Fase II: Pasteurización**

Mogrovejo, Arias & Vidal (2020) consideran que en el cultivo del champiñon, el proceso de pasteurización es una fase indispensable, ya que constituye la finalización

del proceso de compostaje**,** durante este proceso la temperatura se eleva por el vapor generado que llega a los 62 °C, esta temperatura se deberá mantener por un período de 2 – 8 horas y posteriormente se dejo que baja lentamente a 58 °C**,** para este proceso se debe disponer de una sala de pasteurización o tunel, en la sala el proceso consiste en colocar cajones con compost al que se suministra vapor controlado mediante termometros**,** el tunel es un sistema cerrado que posee al compost apilado en su interior.

Este sistema es atravesado por vapor, el mismo que es impulsado por aire que es introducido por un ventilador ubicado en la base del tunel. Una vez que pasa por el compost es enviado a la base por un tubo, éste se recicla siendo un sistema cerrado. Este proceso durará unos 14 días aproximadamente (Garrido, 2015).

- **Fase III: Siembra e incubación**

Recubiertos por el micelio del champiñón. Las hifas del hongo podrán colonizar todo el sustrato nutritivo, sin tropezar con obstáculos debidos a la competencia de otros organismos. Para efectuar esta operación, la siembra ha de efectuarse en locales cerrados y limpios, exentos de una posible contaminación microbiana (Mogrovejo, Arias & Vidal, 2020).

Según Delgado (2006) el suelo y las paredes deberán hallarse muy limpios y desinfectados se cierran las puertas y ventanas. La siembra se efectúa manualmente, empleando guantes e instrumental desinfectados. La semilla, adquirida o producida autónomamente, se conserva en el refrigerador a 4 – 5 °C. Nunca debe congelarse y debe ser empleada rápidamente. Para una correcta colonización del compuesto deben tomarse en consideración los aspectos siguientes:

- contenido en humedad del compost;
- temperatura;
- relación del peso seco por unidad de superficie;
- duración del tiempo de colonización;
- dosis de inoculo.

- **Fase IV: Cobertura**

De acuerdo con González (2006) la cobertura es definida como una capa de tierra que se aplica sobre el compost invadido por micelio, en la cual, eventualmente, se formarán los champiñones, tiene la finalidad prioritaria de estimular la producción de esporocarpos. La fructificación del micelio del champiñón requiere de un microclima húmedo para la formación de las esporas y su desarrollo, este microambiente crea el estrato de recubrimiento, el cual cumple también otras funciones:

- protege el compuesto colonizado de la desecación;
- provee una reserva de agua para el desarrollo de los esporocarpos;
- ayuda al desarrollo de una microflora especial que estimula el proceso de fructificación.

Zambrano (2019) indica que los materiales idóneos para el recubrimiento deben tener unas características especiales:

- retención de agua;
- estructura porosa y suelta, aunque estén mojados;
- permitir el desarrollo de la microflora estimulante;
- pH 7 – 7.5
- higiene garantizada

Finalmente, el recubrimiento ha de aparecer rugoso, con relieves y oquedades y presentar una estructura porosa. En este momento las camas están dispuestas para el proceso productivo (Fernández, 2005).

La formación de los botones, son la prueba evidente de que el micelio del hongo ha iniciado su proceso reproductor, que lleva a la producción de esporocarpos. A partir de los granos se desarrollarán primero los embriones y más tarde los hongos, por lo que lógicamente cuanto más elevado sea el número de granos, tanto mayor será la producción (Ardón, 2007).

En la naturaleza la formación de micelios y, en consecuencia, de hongos, está condicionado a los cambios ambientales, generalmente de las estaciones. En la fungicultura la formación de los granos se estimula creando las condiciones ambientales que en la naturaleza actúan sobre el proceso (Ávila , 2013).

- **Fase V: Fructificación**

Se considera de acuerdo con lo expresado por Gaitán y otros (2006) que:

- Durante la primera formación de los hongos se desarrollan los esbozos o granos, para las dos primeras fructificaciones, que por regla general aseguran el 60 - 75 % de la producción total; de ahí que esos pocos días sean los más importantes de todo el ciclo productivo.
- Cuanto mayor sea el número de hongos, mayor será la producción; más elevado el número de hongos por unidad de superficie y menores las dimensiones por cada champiñón.
- La nutrición necesaria para la producción de hongos procede exclusivamente del sustrato, motivo por el cual un excesivo número de hongos respecto a la capacidad del sustrato provoca el aborto de la mayor parte de ellos.
- Los champiñones que se forman precozmente retrasan el desarrollo de los demás, perjudicando la primera fructificación y por lo tanto han de ser eliminados inmediatamente.

- **Fase VI: Cosecha**

La temperatura durante la cosecha debe mantenerse entre 14 °C y 17 °C, para obtener buenos resultados, esta temperatura favorece al crecimiento de champiñones comestibles, en caso de que la temperatura sea mayor se inicia el ciclo de vida de los patógenos que causan enfermedades y plagas durante la fase de cosecha, hay incluso el riesgo de la pérdida total de la producción ya que se puede expandir hasta provocar estos problemas en la cosecha, por lo que se recomienda pasar inmediatamente al sitio de empacado y conservación. También se debe evitar que la superficie de los champiñones no quede mojada por más de una hora ya que comienzan a formarse bacterias y deterioran su calidad (Zambrano, 2019).

Durante las primeras esporadas, la recolección del producto se verifica a lo largo de un intervalo de 35-40 días; más tarde, todos los hongos obtenidos se recogen lo antes posible, preferentemente en un solo día, en las grandes instalaciones de fungicultura, en fechas muy recientes, se ha introducido la recolección mecánica (Fernández, 2005).

Las partes separadas, se colocan en una bolsa de plástico, para que no se produzca la difusión de parásitos. Durante las primeras esporadas, la recolección del producto se verifica a lo largo de unos cuantos días; más tarde, todos los hongos obtenidos se recogen lo antes posible, preferentemente en un solo día (Fernández, 2005). En las grandes instalaciones de fungicultura, en fechas muy recientes, se ha introducido la recolección mecánica (Minotto, Bernardi, Neugebauer & Soares, 2014).

4.2 Evaluación del rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos y sistemas de cultivo.

Existen varios tipos de sustratos que pueden ser utilizados para la producción de champiñones; sin embargo, no todos ofrecen resultados viables para mejorar la eficiencia de este cultivo. A continuación, se exponen los resultados obtenidos en las investigaciones analizadas conforme al rendimiento de *A. bisporus* en función de los sustratos probados; donde se han tomado las variables: diámetro de píleo, altura del hongo, relación C/N, pH, rendimiento y sistema de cultivo en la tabla 7.

Tabla 7. *Rendimiento de A. bisporus en diferentes investigaciones realizadas en Ecuador.*

Base de sustrato	Rendimiento en 20 Kg de sustrato	Sistema de cultivo	Bibliografía
Tamo de arveja	8.4 Kg	Cordones de compost	(Lomas, 2015)
Tamo de fréjol	7.2 Kg		
Cascarilla de chocho	2.2 Kg		
Tamo de trigo	8.1 Kg		
Bagazo de caña	9.2 Kg		
Rastrojo de maíz	7.8 Kg	Produccion en estantes	(Sandoval, 2012)

Tamo de Lenteja	9.5 Kg
Tuza picada	6.89 kg/

Elaborado por: Varela (2021).

Los autores que se han seleccionado para este estudio han empleado varios tipos de residuos que se producen a partir de cultivos o especies de consumo humano para la preparación de los sustratos. En cuanto a residuos de cosecha utilizados están: el tamo de arveja, de fréjol, cascarilla de chocho, tamo de trigo, bagazo de caña, rastrojo de maíz y tuza picada; por otra parte, también está *Lemna sp* que es una especie de lenteja de agua que puede crecer de forma exponencial en lagos, embalses o lagunas (Morales y otros, 2006). Mientras que, en cuanto a residuos de origen animal tenemos a la pollinaza.

En cuanto a rendimientos obtenidos por los autores, los mejores se situaron de la siguiente manera en 20 kilogramos de sustrato: tamo de lenteja 9.5 Kg seguido del bagazo de caña con 9.2 kg, el tamo de alverja con 8.4 Kg, tamo de trigo con 8.1 kg, rastrojo de maíz 7.8 tamo de frejol 7.2 Kg, tuza picada 6.89 kg y 2.2 kg tamo de chocho.

Según el INEC (2021) las cifras agropecuarias del 2020 mencionan que la caña de azúcar está considerada como el séptimo cultivo con mayor extensión de siembra en el país. Mientras que, por otra parte (Hasang, Cobos, Lombeida & Medina, 2020) exponen en su estudio que, en Ecuador existen 500 000 ha cultivadas de maíz a nivel nacional; por lo que utilizar el bagazo de caña y los residuos de maíz constituyen una muy buena alternativa como la base de los sustratos para el cultivo de *A. bisporus* debido a la importancia de estos cultivos y su disponibilidad.

Sin embargo, como ya se ha manifestado anteriormente, la base de los sustratos no debe ser estrictamente de origen vegetal, por lo cual su utilización en el compostaje resulta prometedora; puesto que, según (CONAVE, 2020) durante el año 2019, en Ecuador se criaron 279 millones de pollos de engorde, considerando que la producción de pollinaza es de 15.2 kg/m^2 (Vargas, 2000) y el manejo recomendado es de 7 a 8 aves adultas por metro cuadrado; se estima que estos desechos pueden ser

aprovechados de mejor manera y resultan altamente prometedores para el cultivo de champiñón *A. bisporus* debido a los resultados obtenidos por García (2009). No obstante, aún no se ha ampliado el tema de uso del estiércol o subproductos procedentes de otros animales con gran interés zootécnico en el país para incrementar los rendimientos de este cultivo, por lo que no se descarta que existan más opciones para el compostaje.

Como se puede observar en la tabla anterior, el sistema de producción utilizado por los diferentes autores en el cultivo de *A. bisporus* fueron: cordones de compost de acuerdo con lo expuesto por García (2009) y Lomas (2015); mientras que, Sandoval (2012) utilizó la producción en estantes como se explica a continuación:

- **Producción en cordones de compost**

En los sistemas tradicionales utilizados en cuevas, bodegas, etc. primero se realiza un sustrato, que en su proceso de fermentación se haya llegado a temperaturas de 70 °C. en el tiempo de 6 a 7 días se remueve la materia orgánica y luego de una semana se procede a ingresar a los sitios de cultivo el compost se alinea en cordones de 25 - 40 cm de base y 25 - 35 cm de altura, dejando entre cada grupo de caballones pasillos de acceso. para formar 20 m lineales de cordón se necesitan unos 2 m^3 de compost, equivalentes a una tonelada (Garrido, 2015).

- **Producción en estantes**

Este sistema el compost es manejado en pisos superpuestos de estantes de madera (u otro material) de 0.6 – 1.20 m de ancho, sujetos lateralmente por medio de buenos soportes. Sobre estas estructuras se colocan 15 - 30 cm de compost, separando los estantes a distancias de 45 - 60 cm. Las estanterías se separan entre sí por pasillos. Las instalaciones están formadas por cuartos equipados de sistemas de calefacción que permitan la pasteurización del compost. Con este sistema se han obtenido rendimientos de 10 - 13.5 Kg/m^2 de cultivo (Zambrano, 2019).

- **Producción en bandejas**

Este sistema contempla rellenar de compost bandejas estandarizadas, que posean dimensiones aproximadas de 0.9 x 0.6 x 0.15 m, las bandejas se colocan apiladas en

los cuartos de pasteurización, donde el compost alcanza una temperatura de 55 – 60 ºC. Los cuartos están equipados de sistemas de calefacción, ventilación que permiten uniformizar la atmósfera de la sala de cultivo y por tanto una mejor desinfección del sustrato de cultivo. La pasteurización se realiza durante dos o tres días, hasta que el material compostado alcanza una temperatura de 40 ºC. posteriormente las bandejas se trasladan a los cuartos de incubación, donde se realiza la siembra del micelio a una temperatura de 20 – 25 ºC (Bortzirietako, 2021).

Cuando el micelio ha colonizado el 70 - 75% de las bandejas, éstas se transportan a la sala de cultivo, con temperaturas de 13 – 16 ºC, y con humedad relativa de 90 % y ventilación de 3 - 5 renovaciones/hora, luego de 2 a 3 semanas se inicia la fructificación, que puede durar 60 - 100 días por ultimo los rendimientos medios obtenidos con este sistema están entre 5 y 8 kg/m^2 de bandeja por ciclo (Ávila , 2013).

- **Cultivo en sacos**

Consiste en llenar al 75 % de la capacidad de los sacos plásticos con 30 - 40 kg de compost pasteurizado, donde se siembra el micelio. Los sacos se ubican ordenadamente en varias alturas, con temperaturas de 12 – 14 ºC. Se alcanza hasta 8 - 10 kg de hongos por saco, en un periodo de ocho semanas (Ávila , 2013).

Aunque existen varios sistemas Garrido (2015) y Bortzirietako (2021) exponen que, la utilización de la técnica de cultivo depende de las instalaciones que tiene a disposición el productor, así como también, de la disponibilidad de los materiales empleados para el sustrato. Además, Zambrano (2019) manifiesta que, en los cultivos producidos en estantes, se pueden obtener rendimientos que bordean entre los 10 a 13.5 kg/m^2 debido a que existen equipos de sistemas de calefacción que propician la pasteurización del compost; por lo cual podría decirse que, las técnicas de producción también influyen sobre el rendimiento del cultivo de champiñón blanco, sin embargo todavía es necesario estudiar el nivel de rendimiento y rentabilidad que generan los distintos sistemas de producción en Ecuador.

En su totalidad se basan en el estudio de diferentes sustratos para mejorar su rendimiento. En estos estudios se derivan varias variables que son determinantes para el ciclo del cultivo y se reportan en la Tabla 8.

Tabla 8. *Publicaciones sobre la producción en el cultivo de A bisporus* en Ecuador.

País	N°. publicaciones	Autores	Centro de publicación	Año	Objeto de estudio
Ecuador	3	García, Karla	Universidad de las Américas	2009	Sustratos
		Sandoval, Luis	Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI)	2012	Sustratos
		Lomas, Verónica	Universidad Politécnica Estatal del Carchi	2015	Sustratos

Elaborado por: Varela (2021).

Como se puede observar en la tabla anterior, los estudios realizados en Ecuador durante los últimos 25 años con respecto al desarrollo productivo de *A. bisporus* conforme a los criterios de inclusión, son realmente pocos; ya que, durante este lapso, solamente se han realizado tres tesis que se basan en la mejora de los sustratos utilizados para la producción del champiñón blanco. Esto se debe a que, gran parte de artículos y tesis se centran en la parte económica o agroindustrial del cultivo. Puesto que, en su mayoría los estudios económicos, por ejemplo, buscan la factibilidad de la producción y comercialización de *A. bisporus* para nuevos emprendimientos (Córdova, Reyes, & Vera, 2003; Mogrovejo, Arias, & Vidal, 2020); mientras que, las investigaciones agroindustriales se basan en el estudio de las características físico-químicas para la inclusión del champiñón en productos innovadores (Tipán & Ushiña, 2012; Vasco, 2013; Torres & Valencia, 2018; y la publicación de Rosero, 2014); y en la postcosecha del mismo (Cueva & Valencia, 2019). Aunque en menor proporción, también se evidenciaron estudios químicos, basados en la composición nutricional del champiñón (Tamayo & Tubay, 2020) así como estudios in vitro, para el control de plagas de *A. bisporus* como el realizado por (Narváez, 2008).

Esta situación demuestra el poco interés que se le ha dado a este cultivo en el país en cuanto a la parte agronómica; hecho que resulta contraproducente puesto que, para llevar a cabo estos proyectos agro productivos con su correspondiente manejo postcosecha, y todo el proceso que requiere su producción, es necesario que se cimienten las bases para el desarrollo de *A. bisporus* buscando la mejora en su rendimiento a nivel nacional para que este sea factible para los pequeños y medianos productores.

Una vez que se ha revisado la descripción del ciclo de cultivo de *A. bisporus,* su evaluación rendimiento en función a los sustratos para llegar a la factibilidad técnica el desarrollo de la fungicultura en Ecuador inicia en 1967 cuando la firma estadounidense AMCESA se estableció en la zona de Alóag, provincia de Pichincha para el cultivo de champiñones. De la producción totol de 412,100 kg, 363,600 kg fueron enlatados y 45,500 kg se comercializaron en fresco, destacando que el 90% de la producción total fue destinada a la exportación hacia Europa y Estados Unidos.

En 1979, la empresa se transformó en el grupo INVEDELCA con capital eminentemente ecuatoriano, el champiñón producido se comercializada por la cadena Supermaxi con una producción anual de alrededor de 16,000 kg anuales. Así, entre altos y bajos la empresa lidera el mercado nacional del champiñón en fresco y procesado y ha registrado una producción anual de 1,000,000 kg a partir del 2013, con diferentes estrategias de permanencia en el mercado local e internacional (Güipi, 2017).

El panorama de la producción de champiñón se mantiene estable, en la actualidad Guipi del grupo INVEDELCA lidera la producción nacional destinada al consumo interno y el de exportación, existiendo iniciativas asociadas a ciudades turísticas donde los circuitos turísticos como nichos de mercado pueden ser una alternativa productiva y de comercialización para este producto como lo reportan Mogrovejo, Arias y Vidal (2020) en su estudio Producción y comercialización de champiñones en la provincia del Azuay. Pues se sabe que la cultura del consumo de setas aún no está arraigada en la población ecuatoriana. Así, de cada 100 ecuatorianos sólo el 10% consumen champiñones por más de una vez a la semana el 66% lo hace una vez cada quince días y 24% lo hace ocasionalmente. Por lo que para el desarrollo de este tipo de actividades agroindustriales además del contexto productivo debe idearse una estrategia de

marketing como claramente se lo encuentra en la página web de la empresa Guipi en donde se encuentran además de los productos recetarios (Líderes, 2021).

Finalmente, después del análisis bibliográfico de producción de *A. bisporus* en el Ecuador existe la posibilidad de uso de sustratos alternativos en la factibilidad técnica en Baños de Agua Santa provincia de Tungurahua según las estadísticas del INEC (2021) se producen 1.44 toneladas de bagazo de caña aproximadamente. Su temperatura promedio anual es de 16 ℃ y una humedad relativa del 84 % según estas condiciones ambientales y la disponibilidad de lugares de cultivo como galpones, bodegas o cuervas con el aporte de sustratos propios del cantón facilitaría el manejo del cultivo de champiñón y disminuirían los costos de producción por lo que será una alternativa de producción para pequeños medianos y grandes productores para que se interesen en esta nueva producción agrícola.

CONCLUSIONES

- De la investigación realizada se deduce que para el cultivo de *A. bisporus* en el Ecuador se debe contar con una infraestructura mínima que permita controlar las condiciones requeridas en las distintas fases de crecimiento del cultivo, desde la siembre, la fase de cobertura, la aparición de los cuerpos fructíferos, y la cosecha, cada fase depende de temperatura y humedad específica para un desarrollo eficiente del cultivo

- En base a los resultados analizados se evidenció que los substratos para el cultivo de *A. bisporus* con mejores rendimientos alcanzados en 20 kg de sustrato fueron: el tamo de lenteja con 9.5 kg, bagazo de caña 9.2 kg y el tamo de alverja 8.4 kg de hongos cosechado respectivamente.

- El substrato con menor rendimiento fue el tamo de chocho ya que posee sustancias anti nutritivas como alcaloides que limitarían un crecimiento requerido en el cultivo de *A. bisporus* reportándose un rendimiento de 2.2 kg de champiñón en 20 kilos de sustrato. Este cultivo se puede desarrollar en sistemas de cordones, estantes, bandejas y cultivo de sacos.

RECOMENDACIONES

- En la elaboración y mezcla de materias primas se sugiere picar o degradar bien los sustratos a utilizar (pajas, tamos, cascarillas, bagazos) para que la cobertura del micelio sea la deseada.

- Implementar un sistema de ventilación adecuado en las naves de producción, para controlar temperatura y sustancias químicas-orgánicas que se derivan de los procesos biológicos de los cultivos.

- Manejar un buen pH, así como la relación C/N son de gran importancia ya que de estos depende el desarrollo de los hongos y la duración del ciclo productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ardón, C. (2007). *La producción de los hongos comestibles (Tesis de postgrado).* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf

Ávila , G. (2013). *Hongos Comestibles. Manual de Cultivo Casero de setas.* Guadalajara: ARVOL, Arte y cultura por la Evolución. Obtenido de https://www.lombricescalifornianas.cl/libros-gratis/manual-de-cultivo-hongos-comestibles.pdf

Bortzirietako. (2021). *Factores que influyen en el compostaje*. Obtenido de Mancomunidad de Residuos Domésticos de Cinco Villas Bortziriak: https://www.bortziriakzabor.com/es/factores-que-influyen-en-el-compostaje/

Cangrejo, C. (2017). *Diseño de prensa de compactación para la adecuación de bolsas de compostaje sembradas con semilla de champiñón (Tesis de grado).* Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7111/CangrejoRam%c3%adrezCamiloEduardo2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cano, A., & Romero, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista Chilena Nutricional, 43*(1), 75-80. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n1/art11.pdf

Castañón, V. (Julio de 2017). *Producción y comercialización de champiñones gourmet (Tesis de postgrado).* Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de Producciòn y Comercializaciòn de Champiñones: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145942/Casta%2B%C2%A6on%20Ibacache%20Victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CONAVE. (11 de Febrero de 2020). *El sector avícola en números -2019*. Obtenido de Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador: https://www.conave.org/el-sector-avicola-en-numeros-2019/

Córdova, J., Reyes, M., & Vera, E. (2003). Producción y comercialización de champiñones blancos en la parroquia Barreiro (Los Ríos-Babahoyo) para beneficio social de la comunidad (Tesis de grado). *Centro de Investigación Cientifica y Tecnológica*, 13-18.

Cueva, L., & Valencia, S. (2019). *Estudio del efecto de la aplicación de tratamientos combinados en la calidad poscosecha del champiñón de París (Agaricus bisporus)* . Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Delgado, M. (2006). *Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal.* Colombia: ORIUS BIOTECH. Obtenido de https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrici%C3%B3n_vegetal.

Fernández, F. (2005). *Manual práctico de producción comercial de champiñón.* Guadalajara. Obtenido de http://www.grupofungitech.com/manual2.pdf

Frioni, L. (2005). *Microbiología: básica, ambiental y agrícola.* Montevideo: Universidad de la República-Facultad de Agronomía.

Fungiturismo. (Abril de 2015). *Partes de una seta*. Obtenido de http://www.fungiturismo.com/todas-partes-de-seta

Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción.* Veracruz: Instituto de Ecología A. C. Obtenido de http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf

García, K. (2009). *Evaluación de sustratos para la producción de champiñones (Agaricus bisporus).* Quito: Universidad de las Américas.

García, L. (2002). *Evaluación de tres materiales como sustrato y dos materiales como tierra de cobertura para el cultivo del champiñón (Agaricus bisporus (Lange) Sing.).* Honduras: ZAMORANO.

Garrido, A. (2015). *Ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles.* Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90483/fichero/TFGAidaGarrido.pdf

González, N. (2006). La ciencia en el arte del cultivo de champiñones. *Agro UNS*, 16-20. Obtenido de http://agronomia.criba.edu.ar/revista/archivos/AgroUNSEd6/AU6MatuteCurvetto.pdf

González, R. (2009). *El compostaje para el cultivo de hongos comestibles. Caso de estudio sobre la cáscara de girasol. (Tesis de doctorado).* Buenos Aires: Universidad Nacional del Sur. Obtenido de https://www.academia.edu/15859554/EL_COMPOSTAJE_PARA_EL_CULTIVO_DE_HONGOS_COMESTIBLES_CASO_DE_ESTUDIO_SOBRE_LA_C%C3%81SCARA_DE_GIRASOL

Güipi. (Abril de 2017). *Porcentaje nutricional del champiñon*. Obtenido de https://guipi.org/sobre-champinones/

Hasang, E., Cobos, F., Lombeida, E., & Medina, R. (2020). Sustentabilidad del sistema de producción de maíz en la localidad de Ventanas, Ecuador. *Journal of Science and Research*, 5. 169-181.

INEC. (2021). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2020.* INEC.

InfoAgro. (2018). *El cultivo del champiñón.* Recuperado el 28 de Junio de 2021, de https://www.infoagro.com/forestales/champinyon.htm

Instituto de Ecología, A.C. (2019). *Cultiva Hongos Comestibles*. (INECOL, Editor) Obtenido de https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/484-cultiva-hongos-comestibles

Instituto Misionero de Biodiversidad. (2019). *Guía para la producción de hongos comestibles. Buenas prácticas de manejo y diseño de espacio de cultivo.*

Provincia de Misiones. Obtenido de https://imibio.misiones.gob.ar/files/guia_produccion_de_hongos_comestibles.pdf

Líderes. (16 de Julio de 2021). Invedelca lleva más de tres décadas en el cultivo de champiñones. *Líderes*, 1-3. Obtenido de https://www.revistalideres.ec/lideres/invedelca-lleva-tres-decadas-cultivo.html

Lomas, V. (2015). *Evaluación de tres sustratos orgánicos para el cultivo de champiñones Agaricus bisporus Imbach en Cuesaca-Bolívar provincia del Carchi (Tesis de grado).* Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Obtenido de http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/358/1/288%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20tres%20sustratos%20org%C3%A1nicos%20para%20el%20cultivo%20de%20champi%C3%B1ones%20Agaricus%20bisporus%20%28Lange%29%20Imbach%20en%20Cuesaca.pdf

Minotto, E., Bernardi, E., Neugebauer, C., & Soares, J. (2014). Crescimento micelial de Agaricus bisporus em meios de cultivo e substratos alternativos. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, 113*, 66-72. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/42072/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mogrovejo, A., Arias, D., & Vidal, B. (2020). Producción y comercialización de champiñones en la provincia del Azuay-Ecuador. Estudio de factibilidad. *Telos, 22*(1), 144-161. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/993/99362098025/html/

Morales, N., Arévalo, K., Ortega, J., Briceño, B., Andrade, C., & Morales, E. (2006). El pH y la fuente nitrogenada como moduladores del crecimiento de la macrófita Lemna sp. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(1). ISSN 0378-7818.

Naranjo, E. (2013). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost (Tesis de grado).* Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf

Narváez, J. (2008). *Evaluación de insecticidas para el control de Lycoriella mali (Diptera: Sciaridae) plaga del champiñón Agaricus bisporus en fase de laboratorio.* Santo Domingo de los Tsáchilas: Escuela Politécnica del Ejército.

Nogueira, M., Chavari, J., De Almeida, M., & Cunha, D. (2010). Crescimento micelial in vitro de cinco linhagens de Agaricus bisporus submetidas a diferentes condições de temperatura. *Acta Scientiarum Agronomy, 32*(1), 69-72. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026590021

Pacioni, G. (1997). *El cultivo moderno del champiñón.* Barcelona: Vecchi.

Pardo, A., Reis, V., Cunha, D., & Pardo, J. (Agosto de 2012). Sustratos de cobertura y suplementación del compost. *Pesquia Agropecuaria*. Obtenido de file:///C:/Users/Hogar/Downloads/Sustratos_de_cobertura_y_suplementacion_del_compos.pdf

Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Revista Cultivos Tropicales, 35*(4), 52-59. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1932/Resumenes/Resumen_193232493007_1.pdf

Ramos, M., Burgos, N., Barnand , A., Evans, G., Preece , J., Graz, M., . . . Jiménez, A. (2019). Agaricus bisporus y sus subproductos como fuente de extractos valiosos y compuestos bioactivos. *Química de los alimentos*, 176-187. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619306843?via%3Dihub

Rangel, J., Leal, H., Palacios, S., Sánchez, S., Ramírez, R., & Méndez, T. (2006). Coconut fiber as casing material for mushroom production. *Terra Latinoamericana, 24*(2), 207-213. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311108007

Rosero, C. (2014). *Efectos de Agaricus Bisporus en la calidad de los quesos.* Riobamba: Escuela Politécnica de Chimborazo.

Sandoval, L. (2012). *Estudio de las cualidades nutritivas de cuatro tipos de sustratos para el cultivo de champiñones (Agaricus bisporus).* Ibarra: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI).

Santillán, M., & Morocho, V. (2018). *Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo (Pleurotus ostreatus), en la parroquia Tarqui (Tesis de grado).* Puyo: Universidad Estatal Amazónica. Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/359/T.AGROP.B.UEA.1098.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Song, T., Sheng, Y., Jin, Q., Feng, w., Fan, L., Cao, G., & Cai, W. (2021). Bacterial community diversity, lignocellulose components, and histological changes in composting using agricultural straws for Agaricus bisporus production. *PeerJ Life & Environment*, 9: e10452. doi: 10.7717/peerj.10452.

Tamayo, G., & Tubay, J. (2020). *Comparación nutricional entre el hongo Pleurotus ostreatus (ostra blanca) y el Agaricus bisporus (champiñon).* Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Tipán, A., & Ushiña, V. (2012). *Elaboración de un embutido vegetal, a partir de 2 variedades de champiñón (agaricus bisporus), champiñón blanco y portabelo, mediante la utilización de dos pre- tratamientos.* Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Torres, J., & Valencia, S. (2018). *Desarrollo de un Recubrimiento Comestible a Base de Goma de Tara (Caesalpinia spinosa) con Actividad Antipardeante para Champiñón de París (Agaricus bisporus).* Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Vargas, T. (2000). Evaluacion de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentacion animal. . *Agronomía Costarricense*, 47-53.

Vasco, K. (2013). *Elaboración de conservas de champiñón (Agaricus bisporus) utilizando cuatro diferentes líquidos de cobertura.* Riobamba: Escuela Politécnica del Chimborazo.

Vikhess. (Mayo de 2015). *Agrzak champiñones - producción*. Obtenido de https://es.slideshare.net/vikhess/agrzak-championes-produccion

Zambrano, P. (2019). Cultivo de Champiñón. *Agrotendencia*, 23-27. Obtenido de https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-champinon/

Anexo N°1: ***Publicaciones sobre la producción en el cultivo de A bisporus.***

País	N°. publicaciones	Autores	Centro de publicación	Año	Agente de Control
Chile	2	Cano Araceli, Romero Leticia,	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	2016	Champiñón
		Castañón Víctor	Universidad de Chile	2017	Champiñón
Ecuador	13	Córdova Jonathan, Reyes Melissa, Vera Estefanía	Escuela Superior Politécnica del Litoral	2003	Champiñón
		Cueva Lisbet Valencia Silvia	Escuela Politécnica	2019	Champiñón
		Mogrovejo Alberto Arias Diego, Vidal Boris,	Universidad Privada- Dr. Rafael Belloso Chacín	2020	Champiñón
		Lomas Verónica	Universidad Politécnica estatal del Carchi	2015	Sustratos
		Naranjo Edgar	Universidad Técnica de Ambato	2013	Sustratos
		Narváez John	Escuela Politécnica del Ejército	2008	Champiñón
		Rosero Catherin		2014	Champiñón

		Sandoval Luis	Escuela Politécnica de Chimborazo	2012	Sustratos
			Universidad católica del Ecuador		
		Santillán Miriam Morocho Verónica	Universidad Estatal del Ecuador	2018	Sustratos
		Tamayo Gabriel		2020	Champiñón
		Tubay Javier Tipán Andrés	Universidad de Guayaquil	2012	Champiñón
		Ushiña Verónica	Universidad Técnica de Cotopaxi		
		Torres Jenny Chamorro Silvia	Escuela Politécnica Nacional	2018	Champiñón
		Vasco Katherine		2013	Sustratos
Colombia	3	Garcés Adelaida, Vélez Natalia, Ruiz Santiago, Serna Juan, Suarez Ernesto	Escuela Politécnica del Chimborazo Revista la Sallista de Investigación	2005	Substratos
		Cangerejo Camilo	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	2017	Hongos

		Molina Mauricio, Mahecha Liliana, Medina Marisol Parra Daniel, Alvarado Álvaro	Universidad de Antioquia Pedagógica y Tecnológica	2005	Sustratos
México	5	Gaitan Rigoberto Salmones Dulce Pérez Rosalia Mata Gerardo	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología México	2008	Champiñón
		Fernandez Francisco	Manual Practico del cultivo de setas	2018	Champiñón
		Martínez. D Soval. M Morales. P Bonilla. M Pérez. B Mayett. Y Martínez. W Montiel. E	Manual práctio de produccion commercial del champiñón	2005	Hongos
		Ávila Gloria	Manual de Cultivo Hongos	2006	Substratos

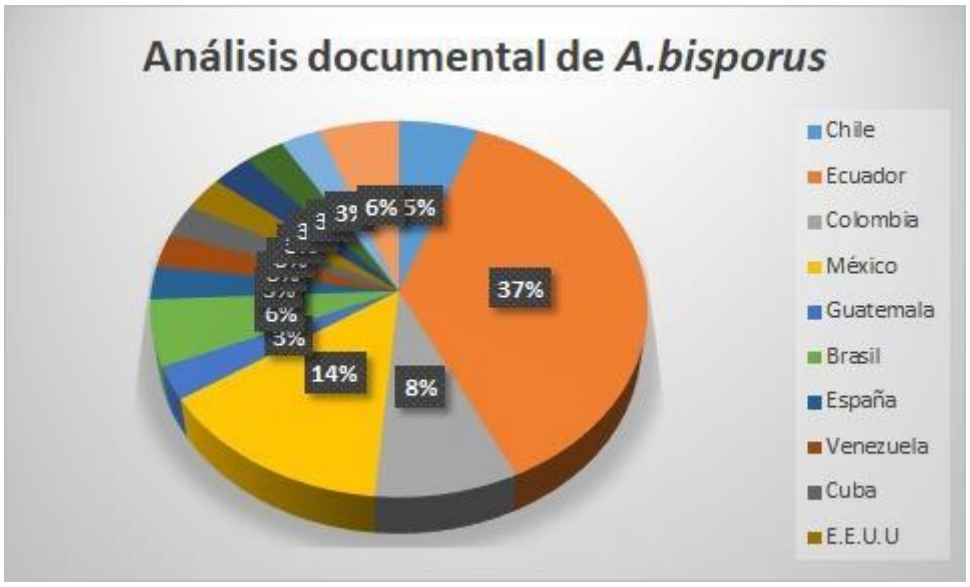
		Rangel. J, Leal. H, Palacios. S, Sanchez. S, Ramirez, R, Mendez. T,	Universidad Autónoma del Estado de México	2013	Champiñón
Guatemala	1	Ardón Carlos	Universidad de San Carlos de Guatemala	2007	Champiñón
Brasil	2	Minotto Elisandra, Bernardi Eduardo, Neugebauer Caroline, Soares José	Revista de la Facultad de Agronomía Brasil	2014	Champiñón y substratos
		Noagleria Meyre, Chavari Joao, de Almeida Marli, Cunha Diego	Universidad Estatal de Maringá	2010	Champiñón
España	1	Pardo Arturo, Reis Vinicius, Cunha Diego, Pardo José,	Universidad de Castilla-La Mancha	2012	Substratos

Venezuela		1	Polat Ersin Erler Fedai, Demir Halil Cetin Huseyin, Herdemir Tugba	Universidad Central de Venezuela	2008	Substratos
Cuba		1	Ramos David, Terri Elein	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas	2014	Substratos
Estados Unidos	1		Ramos Mariana, Buegos Nuria, Bernard Almero, Ebanst Gareth, Preece James, Graz Michael, Ruthes Caroline, Jimenez Amparo, Martinez Antonio, Vilaplana Francisco, Brouwer Abran, Burg Bart, Garricos María, Jiménez Alfonso L	FOOD CHEMISTRY	2019	Champiñón
Uruguay	1		Ilian Frioni	Universidad de la República	2005	Champiñón

Sevilla	1		Garido Aida Universidad de Sevilla	2006	Champiñón
Canada	1	Gonzales Ramiro	Universiad de Guadalupe	2015	Champiñón
Argentina	2	Gonzales Norma Minotto Elisandra Bernardi Eduardo Neugebaeuer Caroline Soares José	CONICET Revista:Facultad de Agronomía	2006 2014	Champiñón Sustratos

Elaborado por: Varela (2021)

Anexo N°2: ***Publicaciones sobre la producción en el cultivo de A bisporus.***



Elaborado por: Varela (2021)