

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS
COMESTIBLES *Boletus luteus* BAJO CONDICIONES
CONTROLADAS EN PLANTACIONES DE PINO (*Pinus
radiata*)**

Autor:

Bach. Einer Calampa Mas

Asesor:

Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

Coasesor:

Ing. Clever Más Trigos

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi madre quien fue para mi Padre y Madre en mi formación, que con sus consejos ha sabido guiarme en este camino y por ser el pilar más importante y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestra condición económica y diferencias de opiniones.

A mi hermano Wincler por los consejos y por su apoyo incondicional para luchar por mis sueños y por ser un gran amigo. A mis hermanas Flordeli y Marivel quienes estuvieron conmigo siempre apoyándome para lograr mí objetivo.

Einer Calampa Mas

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por ser mi guía durante todos estos años de vida, por darme la fe y la salud para lograr conseguir las metas que me he trazado.

Un agradecimiento sincero al Ing. Guillermo Idrogo Vásquez quien, a través de su asesoramiento, sus conocimientos y orientaciones sirvieron para la ejecución de la presente investigación.

Al Ing. Clever Más Trigoso, por darme la oportunidad de desarrollar el presente trabajo de investigación en el marco del proyecto Innóvate Perú: “Desarrollo de un protocolo de producción de hongos comestibles *Boletus luteus*, bajo condiciones controladas (invernadero) dentro de plantaciones de pino, en el distrito de Quinjalca - Provincia de Chachapoyas - Amazonas”.

A los miembros del jurado evaluador: Mg. Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar, M. Cs. César Guevara Hoyos, y Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz quienes a través de sus aportes y sugerencias han permitido mejorar el presente trabajo de investigación.

Agradecer a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, quienes a través de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias han sido los responsables de mi formación profesional para que pueda ser plasmado en la presente tesis.

Gracias a mi querida familia por el aliento y apoyo que me han demostrado siempre para seguir adelante en mi formación profesional.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dr. Erick Aldo Auquiñivín Silva

Decano (e) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Evaluación de la Producción de hongos comestibles Boletus luteus bajo condiciones controladas de plantaciones de pino (pinus radiata); del egresado Einer Culumpu Plas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 10 de febrero de 2021

Firma y nombre completo del Asesor

Ing. Guillermo Idrogo Vázquez



VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Evaluación de la producción de mangos comestibles Boletus lateris bajo condiciones controladas de plantaciones de pino (pinus radiata); del egresado Einer Calumpas Mas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 10 de febrero de 2021


Firma y nombre completo del Asesor
Ing. Einer Mas Triguero

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar

Presidente



M. Cs. César Guevara Hoyos

Secretario



Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES BOLETSUS LUTUS

BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN PLANTACIONES DE PINO (Pinus radiata)

presentada por el estudiante ()/egresado (X) FINER CALHMAN MAS

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AGRÍCOLA

con correo electrónico institucional 071004a112@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 19 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 22 de JUNIO del 2021

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 04 de MAYO del año 2021, siendo las 15:00 horas, el aspirante: EINER CHLAMPA MAS, defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES Boletus pteridis BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN PLANTACIONES DE PINO (Pinus radiata), teniendo como asesor a Ing. GUILLERMO TORO VÁSQUEZ, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Mg. SC. WALTER DANIEL SANCHEZ AGUIAR.

Secretario: MCS. CESAR GUBVARA HOYOS

Vocal: Dr. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado ()

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 20:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	v
VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1. Área de estudio	19
2.2. Diseño del estudio.....	20
2.3. Métodos y técnicas.....	21
2.4. Procedimiento de desarrollo del trabajo de investigación.....	23
2.5. Análisis de datos	24
III. RESULTADOS	25
3.1. Determinación de las condiciones adecuadas para la producción hongos comestibles <i>B. luteus</i> en plantaciones de pino.....	25

3.2. Evaluación del efecto de invernaderos con condiciones controladas en la producción de hongos <i>B. luteus</i> en plantaciones de pino.....	26
IV. DISCUSIÓN	30
V. CONCLUSIONES	34
VI. RECOMENDACIONES	35
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS.....	41
Anexo A. Datos recolectados.....	41
Anexo B. Análisis estadísticos.....	42
Anexo C. Galería fotográfica.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensionamiento de las áreas consideradas en los módulos construidos	22
Tabla 2. Evaluación de los parámetros de la producción de <i>B. luteus</i>	25
Tabla 3. ANOVA sobre los parámetros de la producción de <i>B. luteus</i>	26
Tabla 4. Análisis de varianza de Peso.....	42
Tabla 5. Medias de Peso	42
Tabla 6. Análisis de varianza de eficiencia biológica.....	42
Tabla 7. Medias de eficiencia biológica	42
Tabla 8. Análisis de varianza de tasa de producción	43
Tabla 9. Medias de tasa de producción.....	43
Tabla 10. Análisis de varianza de rendimiento.....	43
Tabla 11. Medias de rendimiento	44
Tabla 12. Análisis de varianza de diámetro.....	44
Tabla 13. Medias de diámetro.....	44
Tabla 14. Análisis de varianza de razón de producción	45
Tabla 15. Medias de razón de producción	45
Tabla 16. Estadísticas de los parámetros de producción de <i>B. luteus</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	19
Figura 2. Distribución del área para los invernaderos	21
Figura 3. Peso (en gramos) del hongo <i>B. luteus</i> determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)	26
Figura 4. Eficiencia biológica (%) del hongo <i>B. luteus</i> determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)	27
Figura 5. Tasa de producción (%/día) del hongo <i>B. luteus</i> determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)	27
Figura 6. Rendimiento comercial (%) del hongo <i>B. luteus</i> determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)	28
Figura 7. Diámetro (cm) del hongo <i>B. luteus</i> determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)	28
Figura 8. Razón de producción (g/día) del hongo <i>B. luteus</i> determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)	29

RESUMEN

En la investigación se evaluó la producción de hongos comestibles *Boletus luteus* bajo condiciones controladas en plantaciones de pino, se ejecutó en el distrito de Quinjalca, provincia de Chachapoyas (Amazonas). Para el estudio se consideró tres condiciones de invernadero (1: pino en el centro, 2: materia orgánica de pino, 3: raicillas de pino) y un testigo en campo libre; para las mediciones se tomó al azar 1m² de cada invernadero (3 por cada tratamiento). Se obtuvo que la producción de hongos *B. luteus* en un módulo con materia orgánica de pino tiene mayor peso (154g), mayor eficiencia biológica (140%), mayor tasa y razón de producción, un rendimiento comercial de 62,9% parámetros aceptables para la producción de hongos comestibles. De otro lado, se evidenció que las condiciones no tienen efecto sobre los parámetros de producción; sin embargo, existe diferencia entre las condiciones; donde el módulo 2 mostró mayores indicadores de producción de *B. luteus*, pues demuestra ser adecuado por lograr una simbiosis entre la materia orgánica de pino y el hongo debido a que permite que el hongo crezca y produzca fácilmente.

Palabras claves: *Boletus luteus*, eficiencia biológica, hongos, producción.

ABSTRACT

The research evaluated the production of edible mushrooms *Boletus luteus* under controlled conditions in pine plantations, it was carried out in the district of Quinjalca, province of Chachapoyas (Amazonas). For the study, three greenhouse conditions were considered (1: pine in the center, 2: pine organic matter, 3: pine roots) and a control in free field; For the measurements, 1m² was taken at random from each greenhouse (3 for each treatment). It was obtained that the production of *B. luteus* fungi in a module with pine organic matter has higher weight (154g), higher biological efficiency (140%), higher production rate and ratio, a yield of 62.9%, acceptable parameters for the production of edible mushrooms. On the other hand, it was evidenced that the conditions have no effect on the production parameters; however, there is a difference between the conditions; where module 2 showed higher production indicators of *B. luteus*, as it proves to be adequate for achieving a symbiosis between the organic matter of pine and the fungus because it allows the fungus to grow and produce easily.

Keywords: *Boletus luteus*, biological efficiency, fungi, production.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del reino fungi ubicamos hongos macroscópicos donde existe diversas especies que son comestibles; sin embargo los hongos se asocia a la descomposición de materia (característico de hongos microscópicos) (Arteaga et al., 2018; Suxe & Ugaz, 2018). Los hongos macroscópicos en la industria son de tipo medicinal, silvestre y comestible, en el último tipo estos son considerados nutricionales por el contenido de carbohidratos, proteína, grasa y fibra (Al-Obaidi, 2016; Arteaga & Moreno, 2006; Bravo & Mondragón, 2019; Royse et al., 2017).

El mercado de producción de hongos comestibles se ha visto fortalecido por el aporte nutricional que posee y su contribución ecológica (Al-Obaidi, 2016; Cardenas, 2015); los hongos comestibles como alimento presentan agradables características sensoriales y que por su contenido fenólico y antioxidante tiene efecto benéfico en la salud. Al ser una alternativa en la producción de alimentos debido a sus propiedades, se han reportado alrededor de 2500 especies comestibles y solo 50 especies se producen en sustratos, de estos 25 son aceptadas como alimentos y que se producen comercialmente por ser una fuente de nutrición (Albertó, 2017; Arteaga et al., 2018; Bach et al., 2017).

Los hongos comestibles como alimento presentan agradables características sensoriales y que por su contenido fenólico y antioxidante tiene efecto benéfico en la salud lo cual se puede deber a su contenido de fibra dietética. En estudios anteriores, estas setas se utilizan como saborizantes de alimentos por su sabor y aroma, lo mencionado anteriormente indica que estos hongos tienen propiedades nutraceuticas por la presencia de aminoácidos esenciales para las funciones humanas (Suárez y Holguín, 2012; Yildiz et al., 2015; y Zhang et al., 2020)

Al ser una alternativa en la producción de alimentos debido a sus propiedades que proporciona una gran cantidad de vitaminas, se han reportado alrededor de 2500 especies comestibles y solo 50 especies se producen en sustratos, de estos 25 son aceptadas como alimentos y que se producen comercialmente por representar una fuente nutrición. Asimismo, de estos hongos, los saprófitos son más utilizados debido a la producción controlada en diferentes plantas (Albertó, 2017; Arteaga et al., 2018; Bach et al., 2017; y Usami et al., 2015)

Como se mencionó anteriormente estos hongos comestibles presentan composición nutricional equilibrada debido a la presencia de aminoácidos de amplio espectro antioxidante, antibacteriano, entre otras; debido a esto en los últimos años la cantidad de hongos consumidos ha aumentado por ser un alimento de fácil producción y que resulta agradable al consumidor (Bravo & Mondragón, 2019; Dimitrijevic et al., 2019).

En investigaciones anteriores sobre las características y la producción de hongos comestibles; Bach et al. (2017) reportan que los hongos *Pleurotus spp.*, *Lentinula edodes* y *Flammulina velutipes* mostraron un elevado contenido de fibra dietética, presentando los valores más altos para fibra dietética y b-glucanos. En el caso del hongo *Boletus badius* se determinó que una importante presencia de fenoles que generan una alta actividad antioxidante de esta especie (Muszyńska et al., 2016).

Sánchez (2015), en cuanto a la producción reporta que utilizando como sustrato residuos de plátano y caña la cepa *P. sajor caju* presenta un rendimiento comercial de 87.8%, en cambio en residuos de caña las cepas *P. sajor caju*, *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* se obtuvo un rendimiento superior al 50%. Asimismo, con los valores de rendimiento medio superiores al 50% existe un potencial de explotación comercial de estos cultivos; además se logró una mayor precocidad de las cepas (máximo de 28 días) para su proliferación

Referente a estudios sobre *P. ostreatus*, Holgado (2018) indica que la precipitación tiene efecto en una mayor producción del cultivo del hongo y alcanzando el mayor número de carpóforos con tamaños ideales. Complementado a esta información, Quizhpilema (2013) menciona que una mayor producción de esta seta se logra utilizando un sustrato a base de tamo de cebada presentando propiedades nutritivas y organolépticas favorables para la alimentación. En otros estudios respecto a la producción de la seta *P. ostreatus*; Cárdenas (2015) menciona que un sustrato óptimo para el cultivo del hongo es el rastrojo de maíz, debido número de basidiocarpos, diámetro de basidios y rendimiento. De otro lado, en residuos de bolaina blanca, capacho de uva y pulpa de café se obtienen residuos que favorecen la proliferación de este hongo comestible; sin embargo se observó que las condiciones ambientales (temperatura, aireación y concentración de CO₂) influyen en la fructificación del hongo pero presentan excelentes características organolépticas (Albán, 2018; García-Oduardo et al., 2011; Hernández & López, 2008).

En otros estudios sobre la producción de hongos comestibles, Arteaga et al. (2018) reportan que en el género *Auricularia* sp en condiciones de vivero utilizando sustratos como paja de arroz y estiércol de ganado vacuno fueron los más indicados para la producción sin embargo la temperatura se reportó como un factor influyente en el rendimiento debido a que esta seta requiere una ambiente a 25°C. Asimismo, Harada et al. (2015) en las formaciones del cuerpo frutal de *Grifola gargar* obtuvieron que los sustratos a base de madera compuestos de una mezcla de varias madera dura y sugi fueron adecuadas para el cultivo comercial en este medio por su rendimiento, eficiencia biológica, cultivo período, color y forma de hongo.

Si bien los hongos de los géneros *Auricularia* y *Pleurotus* son los más estudiados y comerciados; la familia *Boletaceae* presentan hongos micorrízicos que se constituyen como fuente de alimentos nutritivos, en esta familia encontramos al *Boletus luteus* que se desarrolla en asociación con las raíces de muchos árboles forestales (Bravo y Mondragón, 2019; Carreño-Ruiz et al., 2018).

Por ello la presente investigación determinó de las condiciones adecuadas para la producción hongos (objetivo específico), y evaluó del efecto de invernaderos con condiciones controladas en la producción de hongos (objetivo específico); esto se desarrolló para obtener la evaluación la producción de hongos comestibles *Boletus luteus* bajo condiciones controladas en plantaciones de pino, debido a que este hongo micorrízico crece de manera silvestre en simbiosis con el pino; además, este hongo se caracteriza por la formación de esporas en estructuras altamente especializadas y microscópicas conocidas como basidios (Bravo y Mondragón, 2019; Villagaray, 2010). La investigación se basó en la necesidad de contar con alimentos que aporten a la salud de las personas, debido a que este hongo presenta buenas características sensoriales, su carne es blanda y sabrosa (Bravo y Mondragón, 2019; Suxe y Ugaz, 2018)

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La ejecución de la investigación se realizó en el distrito de Quinjalca, provincia de Chachapoyas (Amazonas, Perú); cuenta con una superficie total de 91.59 km² (latitud: -6.09167; longitud: -77.6725; latitud: 6° 5' 30" Sur; longitud: 77° 40' 21" Oeste)

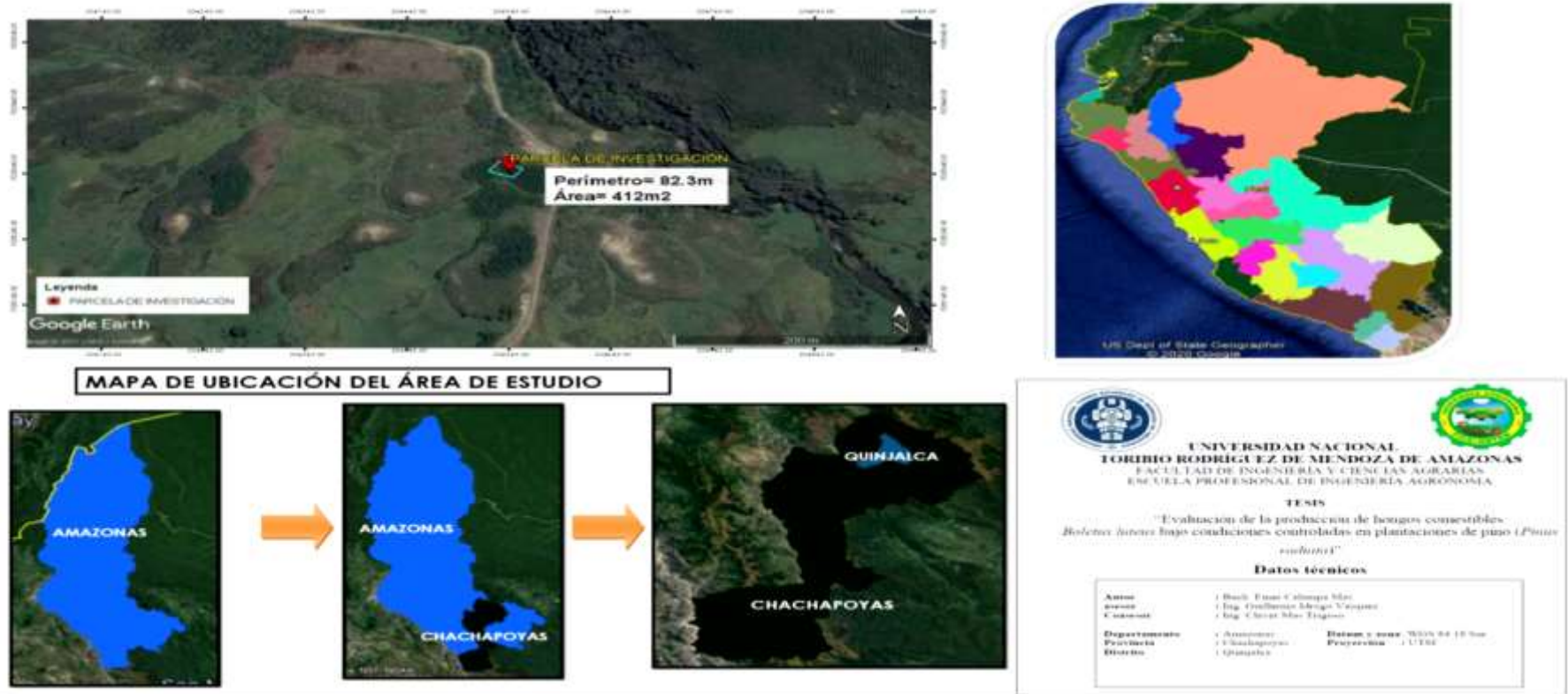


Figura 1. Ubicación del área de estudio

2.2. Diseño del estudio

Para la investigación se tuvo como variable de estudio la producción de hongo en función de las condiciones de invernadero (se consideró tres tipos) y uno en campo libre, para esto se tomó como referencia lo indicado por Taye et al. (2016) que consistió en:

- a) Módulo 1 (con pino en el centro):** Se consideró un módulo de 4 m x 4 m en cuyo centro estuvo un árbol de pino de 5 años, con adecuado trabajo de podas que promovió las raíces activas y por ende se evaluó la proliferación.
- Las condiciones del invernadero promedio en este módulo fueron de 17.32 °C, con 78.22% humedad y 1.3 k Lux
 - Con pino al centro donde se manejó el riego dejando un día 30 min en la mañana, al mediodía y en la tarde.
- b) Módulo 2 (materia orgánica de pino):** Se utilizó la materia orgánica (malezas) más común en la proliferación de los hongos.
- Las condiciones del invernadero promedio en este módulo fueron de 16.96 °C, con 76.83% humedad y 15.97 k Lux.
 - Se incorporó restos de materia orgánica de pino (hojarascas, ramas en descomposición de podas).
 - Se incorporó riego permanente todos los días por 30 min en la mañana, al mediodía y en la tarde.
- c) Módulo 3 (con raicillas de pino):** Se consideró un invernadero de 4 m x 4 m donde se incorporó una dieta artificial a partir de raicillas de pino que incluyó bacterias para la proliferación.
- Las condiciones del invernadero promedio en este módulo fueron de 17.23 °C, con 75.12% humedad y 16.13k Lux.
 - Se incorporó raicillas de pino que se extrajo con la ayuda de la lampa.
 - Se incorporó el riego todos los días 30 min pero solo en la tarde.

d) Campo libre fuera de la plantación de pino: Se consideró como un tratamiento testigo, es decir una parcela en situación normal.

- Las condiciones promedio en campo libre fueron de 16.9 °C, con 74.4% humedad y 4.85 k Lux.
- Sin invernadero, pero dentro de las plantaciones de pino.
- El riego se incorporó dejando 1 día por 20 min, pero solo en la tarde porque sin agua los hongos no logran desarrollarse además de ser verano.

En el presente estudio se realizó tres repeticiones, para lo cual se tomó al azar 1m² de cada invernadero donde se escogió tres plantas al azar donde se realizó las evaluaciones correspondientes para determinar la producción del hongo.

2.3.Métodos y técnicas

El presente estudio fue aplicado-experimental, que determinó y analizó la eficiencia biológica, el rendimiento comercial y la productividad de *B. luteus* en condiciones controladas.

Una vez lograda información en el proceso de identificación de las áreas en donde se instalaron los invernaderos, se realizó una visita de campo para la evaluación en relación a la ubicación y dimensionamiento de los invernaderos. Sobre la información de campo se ha logrado el diseño de los invernaderos de acuerdo a la figura:

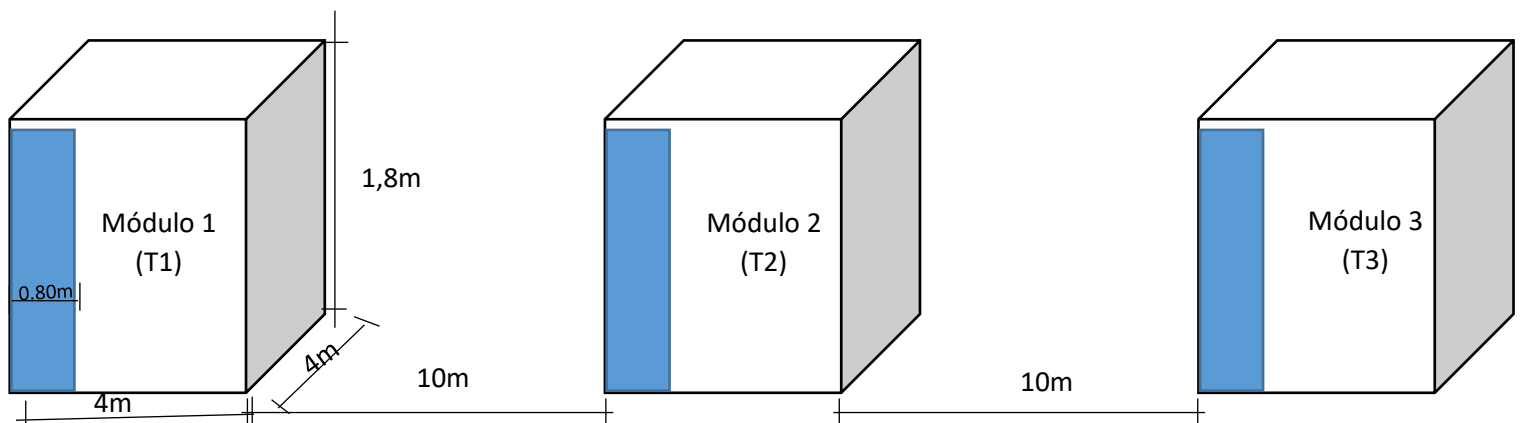


Figura 2. Distribución del área para los invernaderos

De acuerdo a la figura 2, se abarcó un área general de 20 hectáreas de pino, donde en la ubicación indicada en la figura 1 se ubicó los tres módulos de invernadero con una distancia de 10 metros entre cada uno de ellos; y una cuarta área seleccionada para evaluar la producción del hongo a campo libre. Para el área de los módulos se consideró las siguientes dimensiones:

Tabla 1. Dimensionamiento de las áreas consideradas en los módulos construidos

Invernaderos	Medidas (m³)	Área (m²)	Altitud (msnm)	Edad pino (años)	Sombra (%)
Módulo 1	4x4x1.8	16	2710	5	60
Módulo 2	4x4x1.8	16	2710	5	10
Módulo 3	4x4x1.8	16	2710	5	10

Para determinar la producción de hongos comestibles *B. luteus* se evaluó máximo 15 días (campo libre y módulo 1) y 14 días (módulo 2 y módulo 3), debido a que desde la proliferación hasta la cosecha demanda máximo los días calendarios indicados puesto que pasado del punto de cosecha las setas de autodestruyen (pudren y desaparecen), para evaluar los parámetros de producción del hongo se emplearon las siguientes técnicas:

- a. Producción de hongos (peso):** Se empleó lo descrito por Sánchez (2015), donde la producción se determinó pesando los hongos cosechados en fresco para cada una de las condiciones aplicadas (por triplicado).
- b. Eficiencia biológica:** Se consideró la relación entre el peso fresco de los hongos cosechados y el peso seco del sustrato, y se utilizó la ecuación descrita por Holgado (2018):

$$\text{Eficiencia biológica (\%)} = \frac{\text{Peso de hongo fresco}}{\text{Peso seco del sustrato}} \times 100$$

- c. Tasa de producción:** Se determinó como la relación en porcentaje de la eficiencia biológica y los días transcurridos desde la siembra hasta el último día de producción. Se calculó mediante la siguiente ecuación Sánchez (2015):

$$\text{TP} = \frac{\% \text{Eficiencia biológica}}{\text{Tiempo de incubación (días)} + \text{tiempo de fructificación (días)}}$$

- d. Rendimiento (comercial):** Es la relación entre el peso fresco de los hongos cosechados y el peso del sustrato húmedo, para lo cual se empleó a la ecuación descrita por Sánchez (2015): pero el rendimiento también se puede calcular en gramos por metro cuadrado o toneladas por hectárea.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso de hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato húmedo}} \times 100$$

- e. Diámetro:** Se evaluó el diámetro del sombrero del hongo utilizando el instrumento de Vernier.
- f. Razón de producción:** Se utilizó la relación descrita por Sánchez (2015), la cual fue:

$$R_p = \frac{\text{peso de hongos frescos}}{\text{Ciclo del cultivo}}$$

Como ya se mencionó el ciclo de cultivo considerado fue de 15 días.

2.4.Procedimiento de desarrollo del trabajo de investigación

- ✓ Reconocimiento de la parcela o área de 412m², fue tomado como muestra debido a que cumplía con las podas necesarias y un distanciamiento adecuado entre plantas. También por encontrarse junta a la carretera para el traslado de los materiales para la construcción del invernadero y la instalación del riego.
- ✓ Se procedió a la instalación de los módulos o invernaderos con un distanciamiento de 10m entre ellos, con los materiales: malla Raschel, tubo galvanizado, grapas sujetadoras agrifilum.
- ✓ Instalación del riego a cada módulo (riego por aspersion)
- ✓ Inoculación de los hongos con esporas de hongos recolectados maduros licuados en una cantidad de 2L por modulo se observó que esto no generó resultado, pero la inoculación natural con la ayuda del riego prosperó.
- ✓ Para la aplicación de los riegos se hizo el sorteo de los tres módulos a cuál le tocará dichas aplicaciones de dosis de riego.
- ✓ Transcurrido los 14 y 15 días de fructificación se realizó la cosecha tomando 1m² alzar de cada módulo y de ellos se evaluó por triplicado en cada módulo.
- ✓ Se realizó el peso del hongo fresco (balanza digital)
- ✓ Tamaño del sombrero (vernier)

- ✓ Peso del sustrato húmedo (balanza digital)
- ✓ Peso del sustrato seco (balanza digital)
- ✓ Durante el periodo de fructificación se realizó la toma de medidas como son:
 - Temperatura, humedad y luminosidad mañana, medio día y tarde todos los días.
 - Luminosidad (Luxómetro)
 - Temperatura (Termo higrómetro)
 - Humedad (Termo higrómetro)

2.5. Análisis de datos

Para el análisis estadístico de las variables en estudio se realizó ANOVA de una vía que permitió decidir si los distintos niveles de factor (variable explicativa) tuvieron o no diferentes efectos en la variable de respuesta.

Para ello se utilizó el siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} : Respuesta de una unidad experimental i ante el tratamiento (módulo) j .

τ_j : Efecto diferencial del j -ésimo tratamiento en relación al efecto medio global μ .

ε_{ij} : Error experimental o efecto aleatorio asociado.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación de las condiciones adecuadas para la producción hongos comestibles *B. luteus* en plantaciones de pino.

En cuanto a las condiciones de la producción de *B. luteus* se observa que en el módulo con materia orgánica de pino se obtuvo un mayor peso en comparación al resto de módulos empleados que estuvieron por debajo de los 100g. Referente a la eficiencia biológica la producción de hongos presento una menor eficiencia por debajo del 60% (ver tabla 2) de otro lado en el módulo 2 se obtiene una eficiencia de 140%.

Tabla 2. Evaluación de los parámetros de la producción de *B. luteus*

Producción de hongos	Campo libre (T0)	Módulo 1 (T1)	Módulo 2 (T2)	Módulo 3 (T3)
Peso (g)	96,63±13,34	99,9±45,6	154,0±135,5	92,3±21,2
Eficiencia biológica (%)	56,84±7,85	62,4±28,5	140,0±123,2	65,89±15,14
Tasa de producción (%/día)	3,789±0,523	4,161±1,9	10,00±8,8	4,707±1,082
Rendimiento comercial (%)	39,44±5,45	40,77±18,61	62,9±55,3	37,65±8,65
Diámetro (cm)	9,375±1,34	9,375±1,127	11,88±2,8	9,95±0,545
Razón de producción (g/día)	6,442±0,89	6,66±3,04	11,0±9,68	6,589±1,514

En la tabla 2 se observa que una mayor tasa de producción se obtiene en el módulo 2, además la tasa a campo libre es baja en comparación a las otras condiciones de producción; de igual forma el rendimiento comercial es mayor en dicho tratamiento (62,9%).

Respecto al diámetro del sombrero del hongo en todos los casos es superior a 9cm, siendo el módulo 2 seguido del módulo 3 los que presentaron un mayor diámetro de *B. luteus*; de otro lado, la razón de producción en tres de los tratamientos empleados estuvo entre 6 y 7 gramos por día, y en un módulo se obtuvo una razón de 11 g/día (ver resultado del módulo 2).

3.2. Evaluación del efecto de invernaderos con condiciones controladas en la producción de hongos *B. luteus* en plantaciones de pino.

Para determinar posibles efectos de los módulos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) evidenciándose que en todos los parámetros evaluados un valor de $P > 0,05$ por tanto que no existe efecto significativo de los tratamientos en los parámetros; sin embargo, numéricamente entre cada uno de los módulos existe diferencia (ver tab. 1).

Tabla 3. ANOVA sobre los parámetros de la producción de *B. luteus*

Producción de hongos	Valor de P
Peso (g)	0,603
Eficiencia biológica (%)	0,260
Tasa de producción	0,231
Rendimiento comercial (%)	0,603
Diámetro (cm)	0,166
Razón de producción (g/día)	0,546

En la figura 3, se observa que el módulo 2 presenta un mayor peso en gramos en comparación al resto de tratamientos empleados, de otro lado el coeficiente de variación el módulo 2 se muestra una mayor variación de los datos recolectados debido a que es una producción en campo indicando una mayor dispersión en comparación al resto.

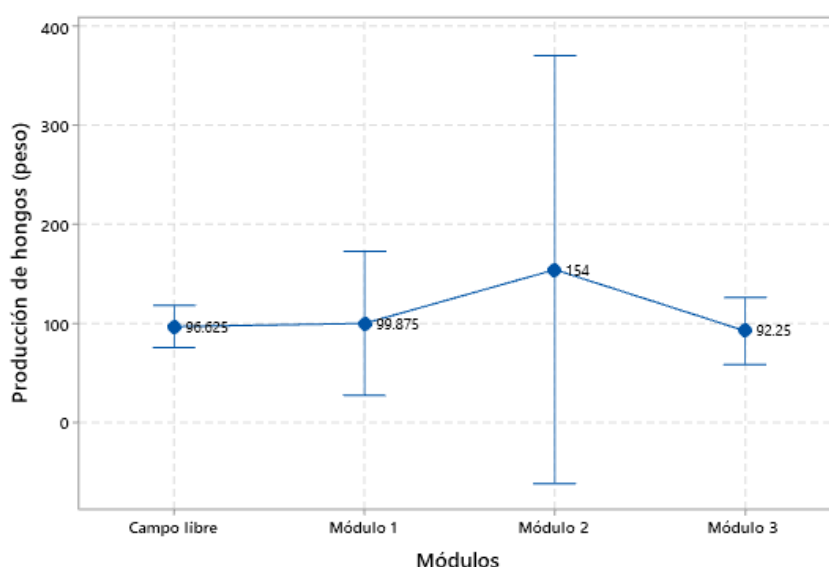


Figura 3. Peso (en gramos) del hongo *B. luteus* determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)

En la figura 4, el hongo a campo libre y en los módulos 1 y 3 presentan una eficiencia alrededor del 60%, destacando el módulo 2 donde el hongo *B. luteus* presento una mayor eficiencia en comparación al resto, pero además acompañada de una alta desviación estándar.

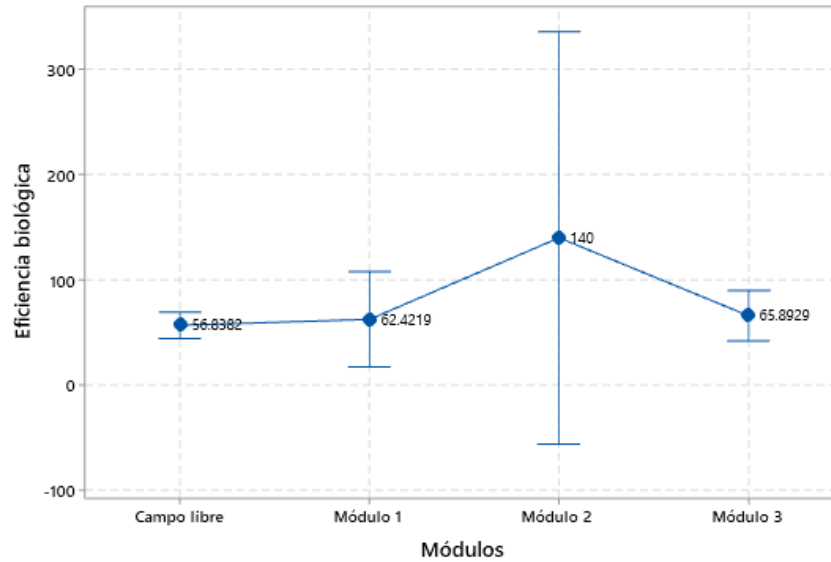


Figura 4. Eficiencia biológica (%) del hongo *B. luteus* determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)

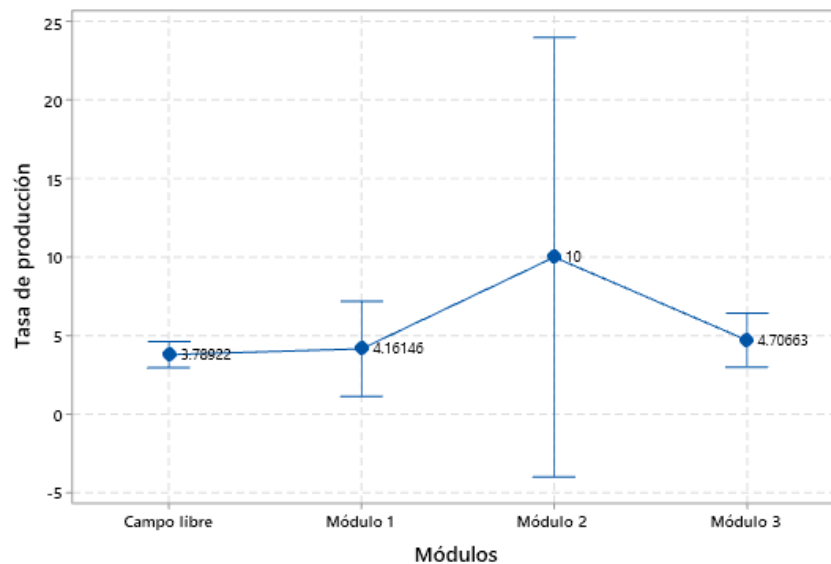


Figura 5. Tasa de producción (%/día) del hongo *B. luteus* determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)

En la figura 5 se observa que el módulo 1 y 3 tiene una tasa de producción por día de en promedio de 4,1% a 4,7%, mientras que el módulo2 muestra una tasa de producción alta en promedio del 10% por día; mientras que el hongo *B. luteus* a campo libre presenta una baja tasa por día.

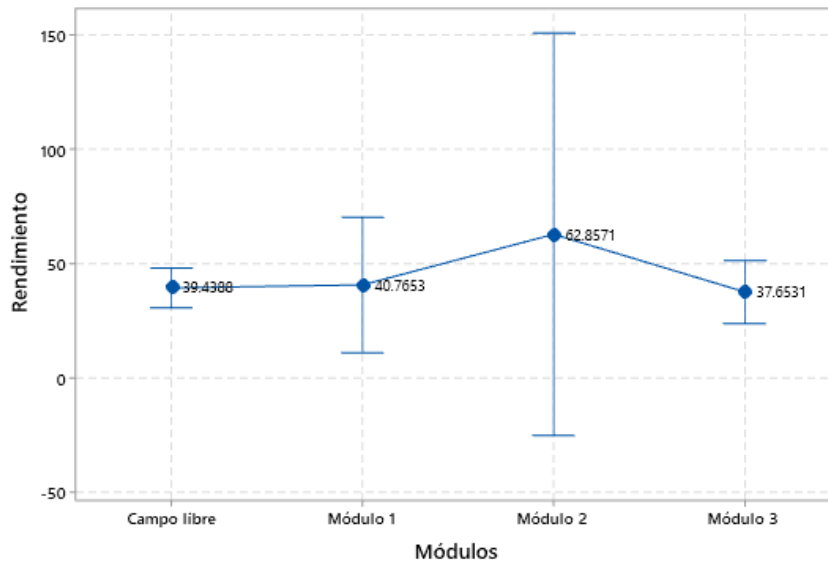


Figura 6. Rendimiento comercial (%) del hongo *B. luteus* determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)

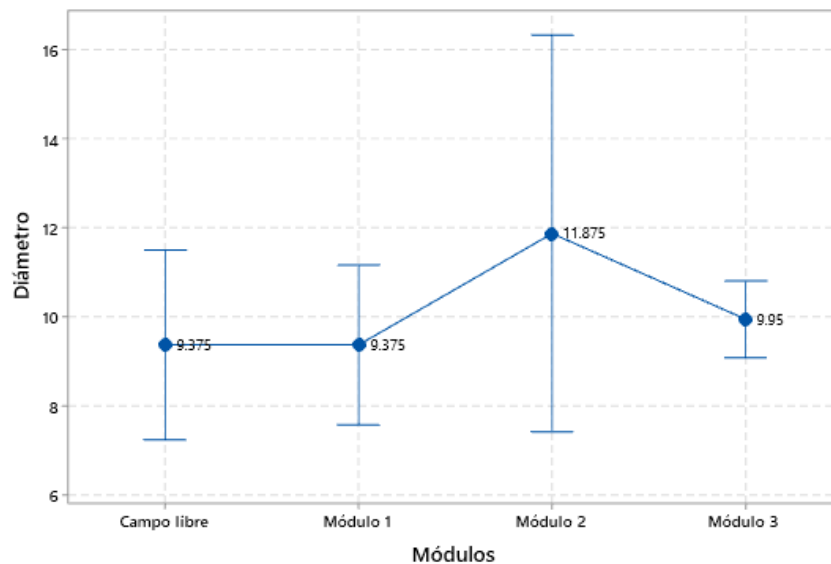


Figura 7. Diámetro (cm) del hongo *B. luteus* determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)

El rendimiento comercial calculado (ver figura 6) en promedio estuvo en un rango de 37% a 62%, siendo el módulo 3 el de menor rendimiento mientras que el módulo 2 marcadamente muestra un rendimiento bastante superior a los otros evaluados en el estudio para el hongo *B. luteus*; en el caso de la figura 7 se reportó que el diámetro del sombrero del hongo estuvo por encima de 9 cm siendo valores no tan diferenciados entre los módulos que se consideró en el estudio.

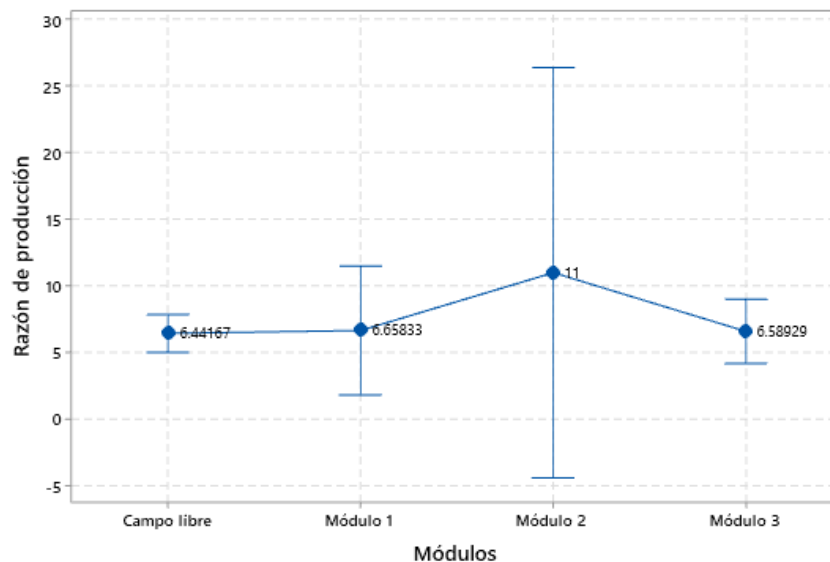


Figura 8. Razón de producción (g/día) del hongo *B. luteus* determinado en campo libre y los tres módulos empleados (M1: Pino en el centro; M2: Materia orgánica de pino; M3: Raicillas de pino)

En cuanto a la producción por día en gramos se reportó que el hongo a campo libre, módulo 1 y módulo 3 estuvo alrededor de 6 gramos, mientras que el módulo 2 logra sobresalir teniendo en promedio una producción de 11 g/día demostrando que dicho módulo muestra mejores condiciones para el desarrollo del hongo.

IV. DISCUSIÓN

Determinación de las condiciones adecuadas para la producción hongos comestibles *B. luteus* en plantaciones de pino

Según lo obtenido en la tabla 2, se obtuvo la producción de hongo en peso fue superior a 90 g en todas las condiciones del *B. luteus*, siendo el módulo donde existió materia orgánica de pino con mayor producción de peso con 154g (ver figura 3); sin embargo, en comparación a la producción de otros hongos resulto siendo inferior como lo reportado por Apaza (2017) que en hongos *Pleurotus Djamor* (fr.) Boedijn con sustrato de paja de arroz se obtuvo un peso de 199,31g que se puede deber a que el hongo *B. luteus* presenta un mayor tiempo entre la inoculación de la semilla y el inicio de fructificación (Apaza, 2017). Para que la producción de este hongo comestible, según Albertó (2017) se incremente se debe realizar condiciones culturales donde se combine sustrato y agregando suplementos nutricionales, esto se verá reforzado por la calidad y productividad que se evidencia con esta seta comestible.

Valera (2019), la eficiencia biológica (EB) evalúa la calidad del sustrato para la producción de hongos comestibles mediante la relación entre el peso del hongo fresco y el peso seco del sustrato; en el estudio la eficiencia de los módulos empleados estuvo en un rango de 56% a 65% (ver figura 4), de otro lado la eficiencia en el módulo 2 fue 140% que resulto superior en comparación con otros hongos comestibles como *P. ostreatus* que según los estudios de Cardenas (2015), Hernández (2004) y Holgado (2018) presenta una eficiencia entre el 60% y 94%, en *P. opuntiae* tiene 105,21% y en *P. Djamor* un 79,09% de EB (Apaza, 2017; Barrales & Mata, 2016). Que la eficiencia biológica del hongo sea superior en comparación a otros demuestra que son altamente productivas y de calidad representando así un elemento basado en la asociación positiva con materia orgánica de pino con un potencial de comercialización en el mercado (Albertó, 2017).

Respecto a la tasa de producción se evidencia el potencial productivo por día de *B. luteus* donde se obtuvo una mayor tasa en el módulo 2 de 10,0 %/día (ver figura 5), que se puede deber a que el material empleado mejora la producción de hongo por la interacción en la captación de nutrientes (Apaza, 2017; Barrales & Mata, 2016); demostrando en el presente estudio que la materia orgánica de pino demuestra ser adecuado para que la tasa de producción sea mayor en comparación a otros hongos comestibles. Por último, la tasa

de producción en *B. luteus* estuvo en rango aceptable (3,7 a 10,0 %/día) que según (Holgado, 2018) demuestra que este hongo comestible presenta mayores ciclos de producción al año; asimismo, en esa misma opinión de Bravo & Mondragón (2019) el hongo es micorrízico y se desarrolla en asociación con las raíces de muchos árboles forestales (que en este caso se trabajó con pino).

Se obtuvo en todos los casos una eficiencia biológica superior al 50% que según Albertó (2017), Piña-Guzmán et al. (2017) y Valera (2019), indican que esto demuestra una calidad de producción de los sustratos para que mínimamente pueda ser económicamente rentable, pero como en el módulo 2 con una eficiencia superior al 100% (ver figura 4) que demuestra que es un sustrato recomendable a emplear en la producción del hongo.

Los tratamientos demostraron un rendimiento comercial superior al 37% que es aceptable para la producción de hongos comestibles (Holgado, 2018). El módulo 2 produjo un mayor rendimiento comercial (62,9%, ver figura 6) convirtiendo a este tratamiento como útil para la explotación comercial de *B. luteus* (Sánchez, 2015; Valencia et al., 2019) sumado a condiciones de humedad y luminosidad que pueden haber influido en un mejor rendimiento (aunque estas últimas dos condiciones fueron evaluadas en el módulo más no se manipulo sus valores en la investigación), sin embargo, en el resto de módulos empleados en la investigación el rendimiento comercial fue superior al 10% (ver tabla 2 y figura 6) que según Apaza (2017) demuestran ser rentables y tener calidad productiva en el hongo comestible.

En lo que respecta al diámetro del sombrero de hongo, este estuvo entre 9,3 y 11,8 cm (ver figura 7) en los tratamientos empleados que está dentro del rango indicado por Moreno (2020) que indica que debe presentar un diámetro entre 6 y 12 cm el hongo *B. luteus*; de otro lado el sombrero se caracterizó por ser carnoso, liso y viscoso en una alta humedad; y se observa que en el módulo 2 obtiene un mayor diámetro mientras que en el resto está alrededor de 9 cm. En el caso de la razón de producción fue superior a 6 g/día (ver tabla 2) siendo el módulo con materia orgánica la que mostró mayor razón en el hongo *B. luteus*; este indicador tiene relación con la tasa de producción por lo que los valores obtenidos (ver figura 8) demuestran según Holgado (2018) mayores ciclos de producción anual y que se debe tener en cuenta la temporada de lluvias pues favorece la producción de hongos comestibles.

Según Bravo & Mondragón (2019) y Quizhpilema (2013), los hongos comestibles debe ser producidos en sustratos orgánicos pues demuestran características nutritivas aceptables para la alimentación huma y en el caso del hongo *B. luteus* (llamado también *Suillus luteus*) demuestra una mejor asociación para su producción con árboles forestales como el pino.

De los tratamientos empleados, el módulo 2 con materia orgánica de pino demuestra mejores indicadores de producción del hongo en comparación al resto (ver tabla 2); de lo cual, se puede deducir que es módulo demuestra ser adecuado empleando materia orgánica de pino en la producción el hongo *B. luteus* debido a la consistencia, la poca compactación, correcta aireación y absorción del agua que permite que el hongo crezca y produzca fácilmente (Apaza, 2017; Moreno, 2020). Además, las condiciones de invernadero en el módulo 2 con mejores indicadores aparte de la materia orgánica empleada se puede deber a que se tuvo una mayor humedad y luminosidad que, aunque no son factores que se estudiaron sus posibles efectos se puede desprender que son condiciones que logran influir (ver tabla 2). Podemos indicar que los tamaños de sombrero y diferencias de peso es porque el riego a algunos no llegaba de forma constante, por motivos que el agua no tenía buen caudal para mover los pequeños aspersores.

Evaluación del efecto de invernaderos con condiciones controladas en la producción de hongos *B. luteus* en plantaciones de pino

La tabla 2 demuestra que las condiciones de producción no tienen efecto sobre el peso de hongo. De otro lado, el ANOVA demuestra que las condiciones en los tratamientos no fueron estadísticamente significativas para tener efecto en la EB, que con las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se tiene una alta dispersión en el módulo 2 respecto a los otros tratamientos en los datos recolectados (ver tabla 15, Anexo A).

Respecto a la tasa de producción, la tabla 3 demostró que las condiciones empleadas no tienen efecto ($p > 0,05$); el rendimiento no estuvo condicionado por los tratamientos empleados ($p > 0,05$). De acuerdo a la tabla 3, se determinó que los tratamientos no demuestran tener efecto sobre el diámetro del sombrero del hongo comestible, de otro lado, la figura 3 demuestra que los valores recolectados no muestran alta dispersión lo que da confiabilidad de lo recolectado en la investigación. Asimismo, se demostró que no existe efecto de las condiciones de los tratamientos sobre la razón de producción, y la figura 3 demuestra que en módulo 2 existe una alta dispersión de los datos recolectados que pueden influir en que el valor de “p” sea mayor a 0,05.

V. CONCLUSIONES

En el estudio se evidenció que la producción de hongos de *B. luteus* en un módulo con materia orgánica de pino se obtienen un mayor peso de 154g, un 140% de eficiencia biológica, mayor tasa y razón de producción, un rendimiento de 62,9% que es aceptable para la producción de hongos comestibles.

Se concluyó que en los parámetros de producción de *B. luteus* evaluados mostraron un valor de P mayor a 0,05 indicando que no existe efecto significativo de los tratamientos en los parámetros.

Según lo obtenido se concluye que el módulo 2 con materia orgánica de pino demuestra mejores indicadores de producción del hongo comestible *B. luteus*; de lo cual, se puede deducir que es módulo demuestra ser adecuado empleando materia orgánica de pino en la producción el hongo *B. luteus* pues permite que el hongo crezca y produzca fácilmente.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar investigaciones que demuestren la rentabilidad económica de la producción de hongos comestibles *B. luteus* como un producto para el consumo humano.

Se recomienda estudiar el efecto que tienen las condiciones controladas en la composición nutricional de hongos comestibles *B. luteus* con la finalidad de demostrar mejores condiciones que mejoren la calidad del producto.

Se debe investigar las condiciones ambientales y su relación con la producción de hongos comestibles, considerando las estaciones del año y otros factores relacionados a la ubicación de la zona de producción de setas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albán, L. (2018). *Cultivo del hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en tres tipos de residuos de la madera de bolaina blanca (Guazuma crinita)* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3183?show=full>
- Albertó, E. (2017). Naturally Occurring Strains of Edible Mushrooms: A Source to Improve the Mushroom Industry. En *Edible and Medicinal Mushrooms* (pp. 415-425). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch19>
- Al-Obaidi, J. R. (2016). Proteomics of edible mushrooms: A mini-review. *ELECTROPHORESIS*, 37(10), 1257-1263. <https://doi.org/10.1002/elps.201600031>
- Apaza, K. J. (2017). *Producción del hongo comestible Pleurotus Djamor (fr.) Boedijn usando distintos sustratos de residuos agrícolas aislado en Tingo Maria* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1361>
- Arteaga, B., & Moreno, C. (2006). Los hongos comestibles silvestres de Santa Catarina del Monte, Estado de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2), 125-131. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62912205>
- Arteaga, M. N., Tafur, S. M., Vaca, S., Pastor, S. A., & Flores, L. (2018). Producción de *Auricularia* sp, utilizando cuatro sustratos en invernadero-Jaen-Cajamarca. *Revista Caxamarca*, 16(1), 99-107.
- Bach, F., Helm, C. V., Bellettini, M. B., Maciel, G. M., & Haminiuk, C. W. I. (2017). Edible mushrooms: A potential source of essential amino acids, glucans and minerals. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(11), 2382-2392. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13522>
- Barrales, M., & Mata, G. (2016). Selección de cepas nativas del hongo de maguey (*Pleurotus opuntiae*) y evaluación de su producción en sustratos fermentados.

- Bravo, K. L., & Mondragón, M. (2019). *Evaluación de la aceptabilidad de un alfajor gigante elaborado con manjarblanco conteniendo tres niveles de concentración harina Boletus luteus en su formulación* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/4318>
- Cardenas, Y. (2015). *Efecto de sustratos a base de residuos agrícolas, en el cultivo de hongo comestible Pleurotus ostreatus «Jacquin fries» Kummer, distrito de Santa Ana, La Convención* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/140>
- Carreño-Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Cifuentes-Blanco, J., & Rosique-Gil, E. (2018). Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(8), 1447-1458. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i8.822>
- Dimitrijevic, M. V., Mitic, V. D., Nikolic, J. S., Djordjevic, A. S., Mutic, J. J., Stankov Jovanovic, V. P., & Stojanovic, G. S. (2019). First Report about Mineral Content, Fatty Acids Composition and Biological Activities of Four Wild Edible Mushrooms. *Chemistry & Biodiversity*, 16(2), e1800492. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201800492>
- García-Oduardo, D. C. N., Serrano-Alberni, M., & Bermúdez-Savón, R. C. (2011). Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles Pleurotus. *Tecnología Química*, 31(3), 272-282. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000300002
- Harada, E., Morizono, T., Sumiya, T., & Meguro, S. (2015). Production of Andean-Patagonic edible mushroom *Grifola gargal* on wood-based substrates. *Mycoscience*, 56(6), 616-621. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2015.06.005>
- Hernández, E. (2004). *Efecto antioxidante de los extractos de Romero (Rosmarinus officinalis L.) y de Salvia (Buddleia perfoliata kunth) en una pasta de carne cruda*

de cerdo [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana].
<http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI11722.pdf>

Hernández, R. A., & López, C. L. (2008). *Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundimarca* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana].
<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>

Holgado, M. (2018). *Evaluación de la producción de Pleurotus ostreatus (Jacq.ex fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulosicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay- Ccorca, Cusco* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional San Agustín].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5892>

Moreno, Á. G. (2020). *Influencia del tiempo de cosecha en el secado del hongo Suillus luteus* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4507>

Muszyńska, B., Zając, M., Kała, K., Rojowski, J., & Opoka, W. (2016). Thermal processing can affect zinc availability in some edible mushrooms. *LWT - Food Science and Technology*, 69, 424-429. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.078>

Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2017). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(0), 141-151. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10>

Quizhpilema, L. E. (2013). *Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles Pleurotus ostreatus utilizando sustratos orgánicos* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2944>

Royse, D. J., Baars, J., & Tan, Q. (2017). Current Overview of Mushroom Production in the World. En *Edible and Medicinal Mushrooms* (pp. 5-13). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2>

- Sánchez, A. (2015). *Producción de hongos comestibles del género Pleurotus a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio de Quibdó* [Tesis de Grado, Universidad de Manizales]. [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2204/Tesis%20Annerys%20-%2026%20de%20mayo%20de%202015%20\(1\).pdf?sequence=3](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2204/Tesis%20Annerys%20-%2026%20de%20mayo%20de%202015%20(1).pdf?sequence=3)
- Suárez, C., & Holguín, M. S. (2012). Evaluación de medios de cultivo sintéticos y cereales para la producción de semilla de setas comestibles. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(1), 130-140. <https://doi.org/10.17584/rcch.2011v5i1.1259>
- Suxe, S., & Ugaz, Y. (2018). *Programa de comercialización de Hongos (Suillus luteus) comestibles para mejorar las condiciones de vida en Marayhuaca – Incahuasi – Ferreñafe – Lambayeque*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/3523>
- Taye, Z. M., Martínez-Peña, F., Bonet, J. A., Martínez de Aragón, J., & de-Miguel, S. (2016). Meteorological conditions and site characteristics driving edible mushroom production in Pinus pinaster forests of Central Spain. *Fungal Ecology*, 23, 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2016.05.008>
- Usami, A., Motooka, R., Nakahashi, H., Marumoto, S., & Miyazawa, M. (2015). Chemical Composition and Character Impact Odorants in Volatile Oils from Edible Mushrooms. *Chemistry & Biodiversity*, 12(11), 1734-1745. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201400395>
- Valencia, M. Á., Castañeda, M. D., Huerta, M., & Romero, O. (2019). Carrizo silvestre (Arundo donax) como sustrato alternativo en la producción de Pleurotus ostreatus. *Scientia Fungorum*, 48, 15-22. <https://doi.org/10.33885/sf.2018.48.1231>
- Valera, A. (2019). *Rendimiento del hongo comestible Pleurotus ostreatus cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3728>

- Villagaray, M. C. (2010). *Evaluación del secado del hongo (Boletus luteus) en un secador tipo bandeja* [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2647>
- Yildiz, O., Can, Z., Laghari, A. Q., Şahin, H., & Malkoç, M. (2015). Wild Edible Mushrooms as a Natural Source of Phenolics and Antioxidants: Mushrooms as a Natural Source of Antioxidants. *Journal of Food Biochemistry*, 39(2), 148-154. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12107>
- Zhang, K., Wang, W., Zhao, K., Ma, Y., Cheng, S., Zhou, J., & Wu, Z. (2020). Producing a novel edible film from mushrooms (*L. edodes* and *F. velutipes*) byproducts with a two-stage treatment namely grinding and bleaching. *Journal of Food Engineering*, 275, 109862. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109862>

ANEXOS

Anexo A. Datos recolectados

Tratamientos	(gr) Peso del hongo fresco	(gr) Peso húmedo del sustrato	(días) Tiempo de incubación	(días) Tiempo de fructificación	(gr) Peso seco del sustrato	(cm) Diámetro
T0	101	245	3	12	170	9.8
T0	99.5	245	3	12	170	10.9
T0	108.5	245	3	12	170	9.1
T0	77.5	245	3	12	170	7.7
T1	64	245	3	12	160	8.4
T1	166.5	245	3	12	160	11
T1	80	245	3	12	160	9.1
T1	89	245	3	12	160	9
T2	327	245	3	11	110	15
T2	72	245	3	11	110	8.2
T2	193	245	3	11	110	12
T2	24	245	3	11	110	12.3
T3	74.5	245	3	11	140	9.2
T3	87	245	3	11	140	10.3
T3	84.5	245	3	11	140	9.9
T3	123	245	3	11	140	10.4

Anexo B. Análisis estadísticos

Anexo B.1. ANOVA de un solo factor: Producción de hongos (peso) vs. Tratamientos

Tabla 4. Análisis de varianza de Peso

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	10122	3374	0.64	0.603
Error	12	63196	5266		
Total	15	73318			

Tabla 5. Medias de Peso

Tratamientos	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
t0	4	96.63	13.34	(17.57; 175.68)
t1	4	99.9	45.6	(20.8; 178.9)
t2	4	154.0	135.5	(74.9; 233.1)
t3	4	92.3	21.2	(13.2; 171.3)

Desv. Est. agrupada = 72.5693

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo B.2. ANOVA de un solo factor: Eficiencia biológica vs. Tratamientos

Tabla 6. Análisis de varianza de eficiencia biológica

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	18551	6184	1.52	0.260
Error	12	48826	4069		
Total	15	67377			

Tabla 7. Medias de eficiencia biológica

Tratamientos	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
t0	4	56.84	7.85	(-12.65; 126.33)

t1	4	62.4	28.5	(-7.1; 131.9)
t2	4	140.0	123.2	(70.5; 209.5)
t3	4	65.89	15.14	(-3.60; 135.38)

Desv. Est. agrupada = 63.7872

Anexo B.3. ANOVA de un solo factor: Tasa de producción vs. Tratamientos

Tabla 8. Análisis de varianza de tasa de producción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	102.0	33.99	1.65	0.231
Error	12	247.4	20.62		
Total	15	349.3			

Tabla 9. Medias de tasa de producción

Tratamientos	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
t0	4	3.789	0.523	(-1.157; 8.736)
t1	4	4.161	1.900	(-0.785; 9.108)
t2	4	10.00	8.80	(5.05; 14.95)
t3	4	4.707	1.082	(-0.240; 9.653)

Desv.Est. agrupada = 4.54043

Anexo B.4. ANOVA de un solo factor: Rendimiento vs. Tratamientos

Tabla 10. Análisis de varianza de rendimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	0.1686	0.05621	0.64	0.603
Error	12	1.0528	0.08774		
Total	15	1.2215			

Tabla 11. Medias de rendimiento

Tratamientos	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
t0	4	0.3944	0.0545	(0.0717; 0.7171)
t1	4	0.4077	0.1861	(0.0850; 0.7303)
t2	4	0.629	0.553	(0.306; 0.951)
t3	4	0.3765	0.0865	(0.0538; 0.6992)

Desv. Est. agrupada = 0.296201

Anexo B.5. ANOVA de un solo factor: Diámetro vs. Tratamientos

Tabla 12. Análisis de varianza de diámetro

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	16.87	5.622	2.01	0.166
Error	12	33.55	2.796		
Total	15	50.42			

Tabla 13. Medias de diámetro

Tratamientos	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
t0	4	9.375	1.340	(7.553; 11.197)
t1	4	9.375	1.127	(7.553; 11.197)
t2	4	11.88	2.80	(10.05; 13.70)
t3	4	9.950	0.545	(8.128; 11.772)

Desv.Est. agrupada = 1.67214

Anexo B.6. ANOVA de un solo factor: Razón de producción vs. Tratamientos

Tabla 14. Análisis de varianza de razón de producción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	59.16	19.72	0.74	0.546
Error	12	317.97	26.50		
Total	15	377.13			

Tabla 15. Medias de razón de producción

Tratamientos	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
t0	4	6.442	0.890	(0.834; 12.049)
t1	4	6.66	3.04	(1.05; 12.27)
t2	4	11.00	9.68	(5.39; 16.61)
t3	4	6.589	1.514	(0.981; 12.197)

Desv.Est. agrupada = 5.14759

Anexo B.7. Estadísticos descriptivo de la producción de hongos *B. luteus*

Tabla 16. Estadísticas de los parámetros de producción de *B. luteus*

Variable	Tratamientos	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	CoefVar
Producción de hongos (peso)	t0	4	0	96.63	6.67	13.34	13.81
	t1	4	0	99.9	22.8	45.6	45.66
	t2	4	0	154.0	67.7	135.5	87.98
	t3	4	0	92.3	10.6	21.2	22.98
Eficiencia biológica	t0	4	0	56.84	3.92	7.85	13.81
	t1	4	0	62.4	14.3	28.5	45.66
	t2	4	0	140.0	61.6	123.2	87.98
	t3	4	0	65.89	7.57	15.14	22.98
Tasa de producción	t0	4	0	3.789	0.262	0.523	13.81
	t1	4	0	4.161	0.950	1.900	45.66
	t2	4	0	10.00	4.40	8.80	87.98
	t3	4	0	4.707	0.541	1.082	22.98
Rendimiento	t0	4	0	39.44	2.72	5.45	13.81
	t1	4	0	40.77	9.31	18.61	45.66
	t2	4	0	62.9	27.7	55.3	87.98
	t3	4	0	37.65	4.33	8.65	22.98
Diámetro	t0	4	0	9.375	0.670	1.340	14.29
	t1	4	0	9.375	0.563	1.127	12.02
	t2	4	0	11.88	1.40	2.80	23.55
	t3	4	0	9.950	0.272	0.545	5.47
Razón de producción	t0	4	0	6.442	0.445	0.890	13.81
	t1	4	0	6.66	1.52	3.04	45.66
	t2	4	0	11.00	4.84	9.68	87.98
	t3	4	0	6.589	0.757	1.514	22.98

Anexo C. Galería fotográfica



Fotografía 1. Acondicionamiento del módulo 1 (T1)



Fotografía 2. Evaluación en el módulo 1 (T1)



Fotografía 3. Acondicionamiento del módulo 2 (T2)



Fotografía 4. Evaluación en el módulo 2 (T2)



Fotografía 5. Acondicionamiento del módulo 3 (T3)



Fotografía 6. Evaluación en el módulo 3 (T3)



Fotografía 7. Acondicionamiento del módulo a campo libre (T0)



Fotografía 8. Evaluación en campo libre (T0)



Fotografía 9. Identificación de hongo comestible *B. luteus*



Fotografía 10. Peso de los hongos *B. luteus* recolectados



Fotografía 11. Peso de los hongos *B. luteus* recolectados



Fotografía 12. Peso de los sustratos en hongos *B. luteus* recolectados



Fotografía 13. Recolección de hongos *B. luteus*