

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA

“ALBERTO CAZORLA TALLERI”



**Productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en
sustrato de café y determinación del valor nutricional**

Mercy Córdova Alberca

**Tesis para Optar el Título de
LICENCIADA EN NUTRICIÓN**

Lima - Perú

2021

Asesor de Tesis

M.Sc. Johnny Percy Ambulay Briceño

Co asesor de la Tesis

Dra. Magdalena Pavlich Herrera

Jurado Calificador

Presidenta: Ana Colarossi Salinas

Secretario: Patricia del Carmen Meza Mendoza

Vocal: Roman Carlos Acevedo Espinola

*A mis profesores, profesoras, compañeras y compañeros por las enseñanzas,
conocimientos y oportunidades que me han brindado.*

*A mis padres, hermanos, tíos, tías, primas, primos por el apoyo incondicional en
cada decisión y proyecto.*

A mi esposo por su apoyo y confianza depositada en mí.

Y, por sobre todas las cosas a mi creador por el regalo de la vida.

Mercy Córdova.

Agradecimientos

Agradezco a todos los formadores académicos que me brindó la Universidad Peruana Cayetano Heredia y en especial a mi asesor M.Sc. Johnny Ambulay Briceño, por su sabiduría, conocimiento científico y esfuerzo por ayudarme a llegar a culminar esta etapa de mi vida.

A la Dra. Magdalena Pavlich Herrera por su apoyo y facilidades brindadas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en instalaciones de su laboratorio, también por su sabiduría.

A Andrea Esquerre, estudiante de Biología por su acompañamiento en el proceso productivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

También, mi agradecimiento especial a la Dra (c). María Marull Espinoza, jefa de la carrera profesional de Nutrición, por su apoyo en los últimos años de mi vida universitaria.

A mis padres por el apoyo económico y moral que hicieron realidad este trabajo de investigación. Y especial agradecimiento a PRONABEC por permitirme el acceso a una educación de calidad.

Tabla de contenido

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	
	OBJETIVO GENERAL.....	4
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
III.	JUSTIFICACIÓN	5
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	
	4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.....	8
	4.2 VARIABLES.....	8
	4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE	
	4.2.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	
	4.3 MUESTRA.....	11
	4.4 PRODUCCIÓN DEL HONGO <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	
	4.4.1 OBTENCIÓN Y MANIPULACIÓN DEL MICELIO.....	11
	4.4.2 PREPARACIÓN DE LA SEMILLA Y SUSTRATO.....	12
	4.4.3 INOCULACIÓN E INCUBACIÓN.....	14
	4.4.4 INDUCCIÓN A LA FRUCTIFICACIÓN.....	14
	4.4.5 COSECHA Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN....	15
	4.5 VALOR NUTRICIONAL DEL HONGO <i>PLEUROTUS</i> <i>OSTREATUS</i>	
	4.5.1 CÓMPUTO DE AMINOÁCIDOS PARA DIFERENTES GRUPOS ETARIOS.....	17
	4.5.2 ÍNDICE DE LA CALIDAD DE LA PROTEÍNA.....	18
V.	RESULTADOS	20
VI.	DISCUSIÓN	27
VII.	CONCLUSIONES	31
VIII.	RECOMENDACIONES	32
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la productividad y valor nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café. **Metodología:** La investigación de tipo experimental. Se realizó en el hongiario del “Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro” de Laboratorios de Investigación y Desarrollo (LID) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Se empleó el diseño del proceso productivo elaborado y ajustado con la jefa del “Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro”. El valor nutricional se analizó a partir del análisis proximal y perfil de aminoácidos con el cómputo aminoacídico. **Resultados:** Los valores de los parámetros referidos a la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* fueron: Eficiencia biológica (EB) 8.39%, tasa de producción (TP) 13.10% y el rendimiento (R) 5.16, referente a los cuerpos fructíferos estos presentaron características estándar de la especie.

El análisis proximal de la harina del hongo arrojó 30.49% de proteína, 50.1% carbohidratos, 11.13 de fibra cruda, 7.23% de cenizas y 1% de grasa; la proteína del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustrato de café contiene todos los aminoácidos esenciales; sin embargo, al evaluar el requerimiento de aminoácidos para todos los grupos etarios se obtuvo que el primer aminoácido limitante es la valina y el segundo es la leucina con excepción en los requerimientos de los adultos.

Conclusión: La productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustrato de café es baja utilizando una proporción de inóculo del 0.83% del sustrato húmedo. El cómputo de aminoácidos indicó a la harina del hongo *Pleurotus ostreatus* como un recurso de alto valor proteico, pues posee todos los aminoácidos esenciales.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, sustrato de café, productividad, valor nutricional, perfil de aminoácidos.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the productivity and nutritional value of the *Pleurotus ostreatus* fungus in coffee substrate. **Methodology:** Experimental research. It was held in the honor of the "In Vitro Plant Tissue Culture Laboratory" of the Research and Development Laboratories (LID) of the Peruvian University Cayetano Heredia. Was used the design of the production process prepared and adjusted by the head of the "In Vitro Plant Tissue Culture Laboratory". The nutritional value was analyzed from the proximal analysis and amino acid profile with the amino acid count. **Results:** The values of the parameters referring to the productivity of the *Pleurotus ostreatus* fungus were: Biological efficiency (EB) 8.39%, Production rate (TP) 13.10% and, The yield (R) 5.16 Referring to the fruiting bodies these characteristic advances of the species. The proximal analysis of the mushroom: Flour yielded 30.49% protein, 50.1% carbohydrates, 11.13% crude fiber, 7.23% ash, 1% fat. The protein of the *Pleurotus ostreatus* fungus grown on coffee substrate contains all the essential amino acids and when evaluating the amino acid requirement for all age groups, it was found that the first limiting amino acid is valine and the second is leucine, except for adults. **Conclusion:** The productivity of the fungus *Pleurotus ostreatus* cultivated on coffee substrate is low using an inoculum of 0.83% of the weight of the wet substrate. The amino acid count indicated the flour of the fungus *Pleurotus ostreatus* as a resource of high protein value, it has all essential amino acids.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, coffee substrate, productivity, nutritional value, amino acid profile

I. INTRODUCCIÓN

Los hongos constituyen una parte esencial de la diversidad biológica, no solo por la gran cantidad de especies, sino también por su importancia ecológica, evolutiva, socioeconómica y nutricional¹. Basándose en la diversidad vegetal mundial, se ha reportado aproximadamente 1.5 a 2.5 millones de especies de hongos en el mundo, de las cuales 36 mil especies han sido identificadas y 7 mil son potencialmente comestibles².

Los continentes europeo y asiático son considerados como centros de origen del cultivo de hongos, principalmente por su nivel científico y tecnológico alcanzado, en cambio, las regiones naturales de Latinoamérica muestran la posibilidad de un mayor estudio manejo, cultivo y consumo sostenible de hongos comestibles, en virtud a la riqueza cultural, biológica y ecológica^{3,4}.

Actualmente, el Perú no posee una cultura micológica, sin embargo, existe evidencia que en el Perú prehispánico se usó setas o macro hongos de manera extensiva, prueba de ello son las diversas cerámicas, en objetos de metal y en los tejidos de culturas como: Cupisnique (1200- 200 A.C.), Paracas (800 - 100 A.C.), Moche (100 A.C. - 800 D.C.), Chimú (900 -1470), Pukará (1200 A.C.- 400DC), Wari (700 - 1100 D.C.) e Inca (1200 - 1532). Inclusive en los 100 primeros años de colonización se menciona a los hongos como parte de la dieta Inca⁵. Al día de hoy, además de algunas etnias como los Ashánincas de la selva central del Perú, quienes consumen hongos tras su recolección en épocas de lluvias, existen comunidades andinas de los departamentos de Puno y Cusco que mantienen uso y conocimiento de los hongos. Inclusive, se celebra una feria de hongos llamada “Cconcha Raymi” en el centro poblado Cconchacalla, en la provincia de Anta departamento de Cusco⁶.

El desarrollo de hongos comestibles en el Perú inició en la década de 1960, con la introducción del Champiñón (*Agaricus bisporus*) por el ingeniero Sears con la empresa “Compas”. El cultivo alcanzó niveles industriales en el año 1980 por las empresas “Agrícola la Chacra” y “Pacuss S.A”. En 1990, la empresa “Solís” y

“Sori” introdujo el cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*) y en el 2008, “Mundo Fungi” introdujo *Lentinula edodes* y *Shitake* en estado fresco⁷.

Actualmente, el Ministerio de Agricultura señala que el Perú junto con Brasil y Argentina están incrementando la producción del hongo *Agaricus bisporus* orientados a la exportación. Además, con el fin de que la producción de hongos comestibles compita en mejores condiciones en el mercado, Indecopi y Agro rural promueven el uso de signos distintivos; por ejemplo, la marca colectiva “Hongos deshidratados Inka Wasi nuestra tierra a tu mesa”^{8,9}. Por otro lado, el MINAGRI detalla que los principales productores se encuentran en las regiones de: Cajamarca, Lambayeque, Junín, Huancavelica, Cusco, Arequipa y Puno, y las principales empresas exportadoras son: Aromático Inversiones S.A.C., Novos Distribución y Exportación del Perú S.A.C., Agroindustrias San Pedro S.A.C., Granos y Especies del Perú S.A.C., Graes Peru S.A.C., y Especerías del Sur S.A.C.

Las posibilidades de competir en el mercado no solo dependen del contenido nutricional, sino también de la calidad del producto y el abaratamiento de los costos de producción. Uno de los factores del costo de producción lo constituye el sustrato utilizado para el cultivo de los hongos. Los sustratos determinan la productividad de hongos en la medida de que estos ofrezcan una biodisponibilidad adecuada de nutrientes necesarios para la incubación, desarrollo de primordios y formación del cuerpo fructífero del hongo, así se emplean tres criterios para referirse a la productividad: Eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento^{10,11}.

Dentro de la diversidad de hongos que se producen en el Perú, se tiene el *Pleurotus ostreatus*, aunque no se encuentra evidencia confiable de la producción y/o exportación del hongo *Pleurotus ostreatus*, a pesar de su elevado contenido de proteína bruta^{12,13}. Por otro lado, los sustratos considerados como los mejores para la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* son la paja de arroz y trigo, no obstante, algunos autores mencionan que estos no son biodisponibles durante todo el año¹⁰.

Las especies del género *Pleurotus sp.* tiene la capacidad para degradar la celulosa y hemicelulosa de troncos, ramas o árboles muertos e inclusive raíces podridas, a través de las exoenzimas para producir energía y fuentes de carbono. Entonces, esta capacidad saprofítica del hongo *Pleurotus ostreatus* le estaría permitiendo crecer en diferentes materiales, subproductos o desechos de las actividades agrícolas y agroindustriales, tales como: pajas, pulpas, bagazos, rastrojos y residuos forestales. Sin embargo, aún existe controversia entre los sustratos elegibles debido a la disponibilidad, cantidad durante el año, precio de adquisición, facilidad de transporte y manejo¹³.

Uno de los residuos lignocelulósicos productos de la agroindustria del café es la cáscara de café, la misma que representa hasta un 35% del total de residuos que se obtienen en la cadena de beneficio del café¹⁴. La cáscara de café seca se está empleando como un sustrato solo o en combinación con otros para la producción de *Pleurotus ostreatus*^{16,17,18}. En nuestro país existen algunos trabajos de productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café realizado en universidades^{19,20,21}. También, una cooperativa agraria cafetalera llamada La Florida del centro poblado San Miguel de Eneñas, distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco ha trabajado un proyecto “Gestión de residuos orgánicos en el beneficio postcosecha del cultivo de café para la obtención de hongos comestibles” financiado por el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA); en este proyecto se cultivó la especie de *Pleurotus ostreatus* en cáscara de café²².

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

- Evaluar la productividad y valor nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café

2.2 Objetivos específicos.

- Determinar la eficiencia biológica, rendimiento y la tasa de producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café.
- Evaluar el análisis químico proximal y perfil de aminoácidos del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustrato de café.

III. JUSTIFICACIÓN

En el Perú, el cultivo de café es una de las principales actividades agrícolas que lo convierte en un producto principal de exportación, siendo el sustento de más de 223 mil familias. Además, se produce más de 218 500 toneladas de café, en esta industria sólo el 9.5% por kilo de cereza cosechado es aprovechado en la bebida y más del 90% corresponde a residuos obtenidos a lo largo de la cadena productiva, de estos la pulpa del café representa entre el 30 y 35%^{14,15}.

Por otro lado, considerando que, en nuestro país, el ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) refiere que del total de la producción nacional de café solo un 20 % de productores conducen su finca con manejo técnico por lo que se infiere que hasta un 80% de productores no realizan un tratamiento adecuado a la pulpa de café²³. Esto conlleva a que la cáscara se convierta en una fuente de contaminación para suelo, afluentes de agua y aire, por la emisión de gases de efecto invernadero²⁴. Por tanto, al ser la cáscara de café un residuo lignocelulósico con poco valor comercial en nuestro país y existir reportes de autores que han trabajado un rango de inóculo de 5- 10% del sustrato húmedo para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* y obtenido una tasa de producción de 10% y 40% para rendimiento y eficiencia biológica^{16,17,18}. Otros que señalan haber trabajado con tasas de inóculos de 0.5% -3% del sustrato húmedo y obtenido tasas de producción de hasta 145% para eficiencia biológica con cáscara de café seca y de hasta 159% con cáscara de café fermentada por 5 días^{25,26}. Encuentro que estos valores reportados en la literatura resultan contradictorios en relación a la cantidad de inóculo y sustrato empleados; por lo que, despierta mi interés trabajar con un porcentaje de inóculo menor al 1% ya que la literatura muestra parámetros de productividad superiores al 100% que si se trabajara con una cantidad de inóculo superior al 3% del sustrato húmedo.

Por otro lado, dentro de los patrones de alimentación de la población peruana está la ingesta elevada de tubérculos, cereales en combinación con leguminosas y bajo consumo de proteínas de origen animal, consideradas de alta calidad biológica. Las razones que impide a gran parte de la población adquirir estos alimentos pueden ser económicas, religiosas o falta de conocimiento^{27,28,29,30}. De ello se deduce que

nuestro suministro calórico y proteico en su mayoría proviene de estos alimentos. A su vez, la proteína vegetal es deficiente en algunos aminoácidos esenciales, por ejemplo, los cereales tienen como aminoácido limitante a la lisina y las leguminosas a la metionina y cisteína. Todo ello podría afectar a mediano o largo plazo el crecimiento, la síntesis, y reparación de tejidos.³¹

Además, con la llegada de la pandemia por el nuevo virus SARS-COV-2 el Instituto Nacional de Estadística e Informática ha reportado que hasta mayo del 2020 el 14% de la población en Lima Metropolitana y el Callao no alcanza a comprar alimentos proteicos por carencias económicas; a su vez, en condiciones de confinamiento la adecuación de hogares en pobreza es mantener el consumo de calorías a expensas del consumo de alimentos nutritivos como pescado, carnes, frutas y verduras³².

Sin embargo, algunos alimentos vegetales como la quinua, soya, tarwi entre otros muestran un porcentaje superior de proteínas y con ello aminoácidos que ayudarían a balancear el aporte de nutrientes a la alimentación humana. Pero, la deficiencia de un aminoácido esencial puede dar lugar a un tipo de desnutrición asociada a un aminoácido que no se encuentre en la proteína alimentaria³¹; por tanto, los 9 aminoácidos esenciales de los 20 que el ser humano requiere para sintetizar, reparar o mantener tejidos, que no deben faltar en la alimentación son: Valina, leucina, triptófano, treonina, metionina, isoleucina, fenilalanina, lisina e histidina³¹

Por otro lado, los aminoácidos que representan la mayor cantidad de problemas para la nutrición humana son el triptófano, la lisina y la metionina, debido a que su carencia es típica en poblaciones que tienen difícil acceso a productos de origen animal, y en las cuales, los cereales o los tubérculos se convierten en la base de su alimentación³¹. Por tanto, considerando que el hongo *Pleurotus ostreatus* también tiene un aporte considerable de proteína bruta (30 g por cada 100 gramos de alimento) y no conocerse el aporte nutricional con respecto a los aminoácidos; el cómputo de aminoácidos, el valor biológico y digestibilidad proteínica³³. Surge la necesidad de determinar o cuantificar el aporte de aminoácidos, especialmente

esenciales, del hongo *Pleurotus ostreatus* para ser usado en la adecuación del aporte de nutrientes de la alimentación peruana.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Diseño del estudio.

La investigación es de tipo experimental. Se realizó en el hongo del “Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro” de Laboratorios de Investigación y Desarrollo (LID) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

4.2 Variables.

4.2.1 Variables dependientes:

Productividad del hongo comestible

Valor nutricional del hongo comestible

4.2.2 Variable independiente

Sustrato de café

Tabla 1. Operacionalización e instrumentalización de variables

Variables	Definición operacional	Escala de medición	Indicadores	Instrumento
Sustrato de café	Pulpa de café de variedad <i>Coffea arabica</i> . La cáscara de café fue sometida a un proceso de secado, posteriormente humedecido y esterilizado ³⁴	Razón	Peso: kg	Balanza
Valor nutricional del hongo	Sustancias nutritivas del hongo alimenticio que se estimarán en carbohidratos, proteínas, grasas ³⁴ .	Razón	Análisis proximal: Gramos de nutriente por cada 100g de alimento. Perfil de aminoácidos: mg de aa/g de proteína	Laboratorio
				Laboratorio

Variables	Definición operacional	Componentes	Definición operacional de cada componente	Escala de medición	indicadores
Productibilidad del hongo	Determina la relación optima entre sustrato, peso de cuerpos fructíferos y tiempo de producción ¹¹ .	Eficiencia biológica	Definida como la relación en por ciento del peso de las setas frescas y el peso seco del sustrato. EB = peso de las setas frescas /peso del sustrato seco) x 100	razón	Porcentaje
		Tasa de producción	Definida como la relación en por ciento de la eficiencia biológica y los días transcurridos desde la siembra hasta el último día de producción. TP= (eficiencia biológica (EB)/días transcurridos desde la siembra hasta el último día de producción) x 100	razón	
		Rendimiento	Definido como la relación en por ciento del peso de las setas frescas y el peso húmedo del sustrato. R= (peso de las setas frescas/peso del sustrato húmedo) x100	razón	

4.3 Muestra.

Cepas. Se utilizó una cepa del hongo *Pleurotus ostreatus* ofertada por el “Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro” de Laboratorios de Investigación y Desarrollo (LID) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Sustrato. Se utilizó como sustrato la pulpa de café de variedad *Coffea arabica* procedente del centro de beneficio “Shimana” de la propiedad del agricultor Cipriano Córdova en la provincia de San Ignacio- región Cajamarca. La cáscara de café fue sometida a un proceso de secado solar para su posterior almacenamiento, traslado y tratamiento en el hongario de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Muestra. Las muestras estuvieron constituidas por bolsas de polietileno que contenían el sustrato estéril inoculado con la semilla del hongo a las cuales se les denominó “panetones”. Se considero 8 panetones al azar.

4.4 Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

El diseño del proceso productivo del hongo *Pleurotus ostreatus* contempla 5 fases bien definidas¹¹. Obtención y manipulación del micelio, preparación de la semilla y sustrato, inoculación e incubación, inducción a la fructificación, cosecha y evaluación de la producción; a su vez, el proceso general de la producción contempla una primera etapa en laboratorio y la segunda en el hongario.

La primera etapa contempla las tres primeras fases: Obtención y manipulación del micelio, preparación de la semilla y sustrato, inoculación e incubación.

Este proceso productivo está adaptado a partir del protocolo para la producción de *Pleurotus ostreatus* del “Laboratorio de cultivo de tejidos vegetales in vitro” a cargo de la doctora Magdalena Pavlich, considera además la disponibilidad de equipos para la producción a escala industrial.

4.4.1 Obtención y manipulación del micelio. A partir de la cepa donada se procedió al repique en placas petri estériles con papa dextrosa agar (PDA), cuando se observó que el micelio invadió la placa se procedió a preparar la semilla “granos de trigo”. Para esta fase se necesitó los siguientes materiales: Placas Petri con Papa

Dextrosa Agar (PDA), refrigeradora, bisturí, asa de siembra, mechero de alcohol, tubo con cepa madre.

4.4.2 Preparación de la semilla y sustrato.

Los granos de trigo fueron seleccionados. Esta selección (tipo de grano preferentemente largo y consistente) luego se somete a cocción.

En esta fase se necesitó medios de cultivo (placas de propagación), aditivos (carbonato de calcio y sulfato de calcio), granos de trigo, otros (autoclave de la marca wise clave, refrigeradora, incubadora, cocina a gas, cámara de siembra, bisturí, pinzas, asa de siembra, mechero de alcohol, olla grande, batea, bolsas de polipropileno # 2 y pabito).

Los granos fueron precocidos en agua (2kg de trigo por cada 3 L de agua) hasta un punto donde no estuvieron sancochados o reventados; esto se dio en aproximadamente 15 minutos a fuego medio. Luego se dejó escurrir, reposar y orear. Cuando los granos alcanzaron una humedad entre 40 y 50% se les mezcló con Carbonato de calcio (3.5 g por Kg. De trigo precocido) con el propósito de disminuir la acidez y servir como fuente de calcio. Además, se agregó sulfato de calcio (13g por Kg. de trigo cocido) para que los granos no se peguen unos a otros. Seguidamente, los granos se introdujeron en las bolsas dejando vacío el tercio superior, se selló con pabito y se esterilizó por 25 min en autoclave a 121°C. Una vez obtenidas las bolsas de trigo esterilizadas se esperó a que estén a temperatura ambiente y en un lugar oscuro (cámara de flujo laminar), se colocó trozos de micelio de las placas de PDA en las bolsas.

Este procedimiento consistió en cortar el micelio crecido en las placas introduciéndolos en las bolsas con los granos de trigo (se obtuvo 6 bolsas de semillas de 250 gramos por cada placa de PDA).

Para preparar las bolsas de semilla se empleó granos de trigo, porque el crecimiento del micelio en almidón es más rápido (20 - 25 días) y se puede almacenar por un periodo de hasta 6 meses a 5°C para su posterior uso en comparación con el uso de

residuos lignocelulósicos como la paja de arroz o trigo que tienen un periodo de crecimiento más largo (50 -60 días)³⁵.

Nota: Este proceso se realizó con el máximo cuidado y criterio de esterilidad ambiental y de equipo a manejar, debido a la alta probabilidad de contaminación durante la manipulación.

Las bolsas de trigo se incubaron de 22 a 25°C en oscuridad (Al finalizar la primera semana se agitaron las bolsas para homogeneizar el crecimiento), todo el trigo estuvo invadido por el micelio al cabo de tres semanas, teniendo un aspecto algodonoso y blanco, cualquier otra coloración indicaría contaminación y todo deberá ser autolavado y luego descartado, pero en nuestro experimento no se presentó. La semilla de inmediato se mantuvo en refrigeración a uno o dos grados centígrados por algunas semanas mientras preparábamos el sustrato.

Para preparar el sustrato se siguió los siguientes pasos:

Se identifico al agricultor Cipriano Córdova, quien conduce sus fincas de café sin manejo técnico, y se le pidió que nos donara pulpa de café producto del despulpado de la cereza madura de café al cual no le dan un tratamiento adecuado y acepto amablemente.

La pulpa de café fresca, producto del beneficio húmedo de la cereza de café de la variedad *Coffea arabica* obtenida de la finca “shimana” se secó bajo luz solar, después se trasladó hasta el hongario, se humidificó en una tina por 24 horas, luego se dejó escurrir hasta alcanzar la humedad requerida, de tal forma que al tocarlo se sienta húmedo, pero no moje las manos, para ello se realizó la medida artesanal del puño para lo cual se estruja con la mano el sustrato para corroborar que solo solo un hilo delgado de agua cayera de entre los dedos, luego se colocó el sustrato en bolsas de polipropileno (2 kg), cada bolsa contenía 1.800 kg de sustrato, se hizo un orificio con un tubo de ensayo el cual sirvió para la inoculación de la semilla y se procedió al cierre de la bolsa con un tubo pvc en forma de tampón, en seguida se procedió al tratamiento térmico (esterilización) por 30 min a 120°C aproximadamente en autoclave (para eliminar organismos potenciales competidores).

En la preparación del sustrato se empleó la técnica de esterilización por considerarse esta más económica en comparación con la pasteurización o fermentación del sustrato³⁵. Además, se prefirió trabajar con cáscara de café deshidratada porque el proceso de secado conlleva máximo 4 días y el costo de la mano de obra es más económico, que si trabajara con cáscara de café fermentada, proceso que lleva aproximadamente 5 a 10 días y el costo de mano de obra es más elevado.^{25,26}

4.4.3 Inoculación e incubación. Los materiales que se emplearon en esta fase fueron: cámara de cultivo, tijera, mechero de alcohol, bagueta de 20 cm, bolsas de semilla y sustrato esterilizado (panetón).

Para realizar la siembra se procedió a desinfectar la cámara de cultivo con alcohol puro, luego se abrió la bolsa del sustrato dentro de la cámara y con la bagueta esterilizada a la flama se hizo un espacio al centro del bloque, después se introdujo la semilla en el sustrato en una cantidad equivalente al 0.83% del peso de la bolsa de sustrato para finalmente cerrar la bolsa y proceder a la incubación en las condiciones adecuadas.

Luego de la inoculación se incubó los panetones de sustratos en oscuridad y se realizaron los controles diarios con el fin de comprobar el desarrollo micelial y detectar casos de contaminación que conllevó a la eliminación del bloque o panetón para evitar la generalización de la contaminación. Se consideró 25°C como temperatura de incubación, la misma que debió mantenerse hasta completar la invasión del sustrato (en promedio 40 a 50 días en la oscuridad). La concentración de CO₂ se vio aumentada en bolsa cerrada como producto metabólico del crecimiento del hongo lo cual favoreció aún más su desarrollo.

La segunda etapa contempló la inducción de los panetones a la fructificación y, la cosecha y evaluación de la producción.

4.4.4 Inducción a la fructificación. Cuando el micelio invadió todo el sustrato se hizo perforaciones en aspa para permitir el desarrollo de cuerpos fructíferos, esta fructificación se llevó a cabo en el cuarto de fructificación u hongario que mantuvo una humedad de 84 a 90%, temperatura alrededor de 20 °C y 12 horas de luz indirecta.

4.4.5 Cosecha y evaluación de la producción.

Para llevar a cabo la cosecha se consideró a los carpóforos jóvenes ya que ellos durarán más que los maduros. Una vez que las esporas se han desarrollado sobre la superficie de las lamelas el carpóforo acelera su degeneración y se marchita muy rápidamente. El desarrollo de los cuerpos fructíferos aptos para ser cosechados es a partir de 10 a 15 días de abierta la bolsa (de la inducción a la fructificación).

La evaluación se realizó con el fin de tener una idea clara de la capacidad de productividad y poder compararlos en los mismos términos con otros cultivadores; además, es la única forma de determinar las mejoras de la producción con el paso del tiempo y la innovación de metodologías. Los parámetros básicos usados para referirse a los niveles de producción fueron tres:

1. Eficiencia biológica (EB): Se calcula a partir del peso total de la producción y se deben incluir todas las cosechas.

Definido como:

$$EB = [\text{Peso del hongo en fresco (g)} / \text{peso del sustrato en seco (g)}] * 100$$

2. Tasa de producción (TP):

Definido como:

$$TP = [\text{Eficiencia biológica (EB)} / \text{Tiempo de producción}] * 100$$

El tiempo de producción se toma a partir de la inoculación del sustrato definido (compost) hasta obtener la última cosecha.

3. Rendimiento (R): Se calcula a partir del peso total de la producción y se incluyen todas las cosechas.

Definido como:

$$R = [\text{Peso de carpóforos secos (g)} / \text{Peso del sustrato húmedo utilizado}] * 100.$$

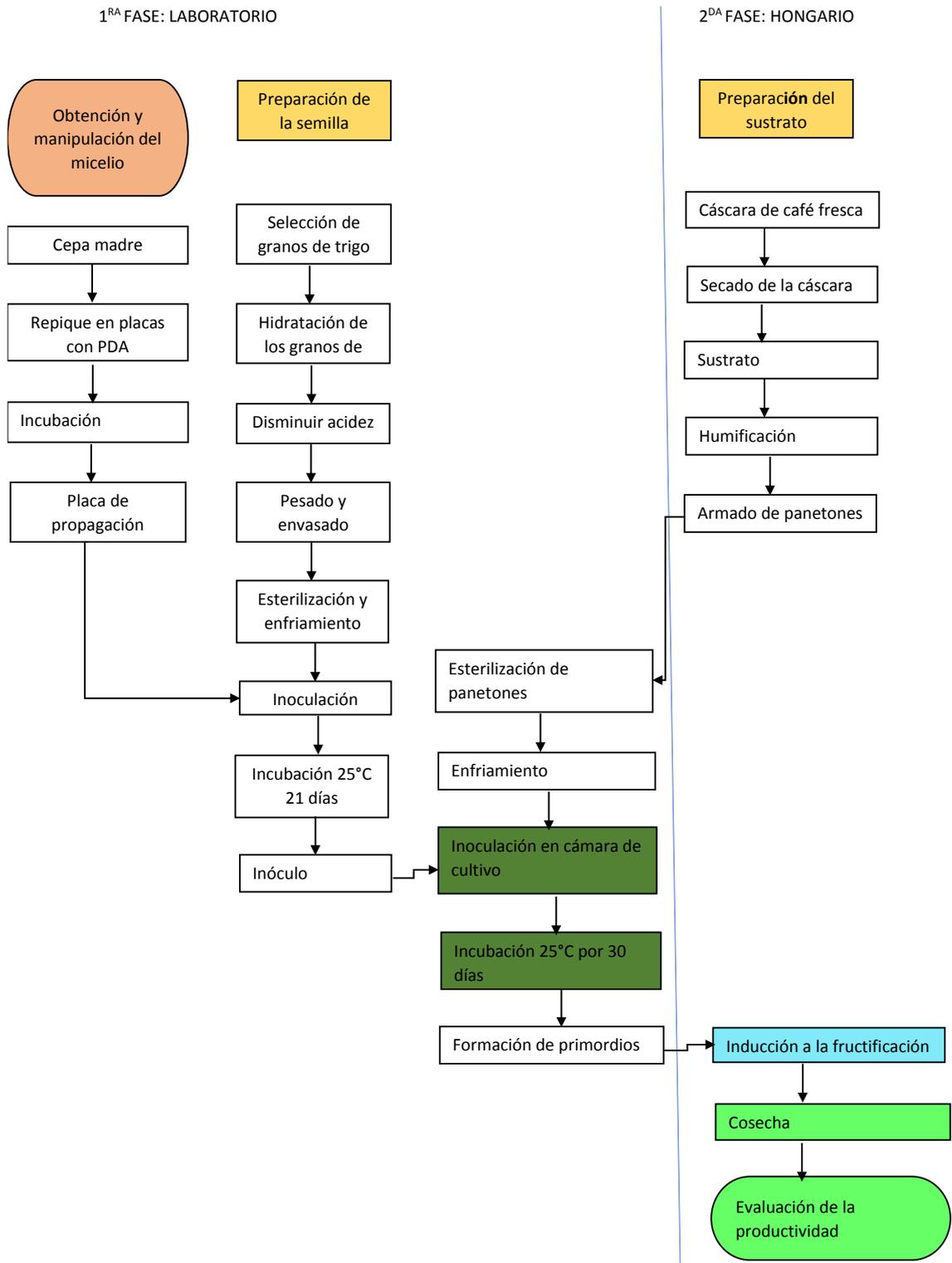


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso productivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café.

4.5 Valor nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*

La muestra de hongo *Pleurotus ostreatus* se obtuvo a partir de las cosechas del cultivo del hongo en sustrato de café. Los cuerpos fructíferos cosechados se secaron en horno microondas por espacio de 30 minutos, posterior a ello se embolsaron y se derivó al laboratorio Unidad Investigación de Productos Naturales del LID para su correcta adecuación.

La Unidad de Investigación de Productos Naturales del LID – UPCH realizó el análisis químico proximal y perfil de aminoácidos por cromatografía HPLC de la harina del hongo *Pleurotus ostreatus*.

El análisis químico proximal fue realizado en base al método propuesto por AOAC (Official Methods of Analysis of AOAC International)³⁶, y el perfil de aminoácidos por cromatografía HPLC fue determinado en base a la hidrólisis ácida de proteínas con una mezcla de ácido trifluoroacético y ácido clorhídrico^{37,38}.

4.5.1 Cómputo de aminoácidos para diferentes grupos etarios

El cómputo de aminoácidos relaciona el contenido de aminoácidos individuales al requerimiento corporal de aminoácidos necesarios para la utilización en vías anabólicas y catabólicas. El cómputo de aminoácidos representa la proporción de aminoácidos indispensables (mg/g proteína) de los alimentos al patrón de puntuación del requisito de referencia de aminoácidos indispensables (mg/g proteína) para la población objetivo^{39,40}.

Fue calculado por la siguiente fórmula:

Cómputo aminoacídico

$$= \left(\frac{\text{mg de iaa en 1g de proteína dietaria}}{\text{mg del mismo aa en un patrón de puntuación de requerimiento de 1g}} \right)$$

El aminoácido indispensable con la puntuación más baja establece un límite al valor biológico de la proteína alimentaria.

En la tabla 2 se aprecia el patrón de aminoácidos indispensables propuesto por la FAO para los diferentes grupos etarios en 1985⁴⁰.

4.5.2 Índice de calidad de la proteína

Actualmente para determinar la calidad de una proteína la FAO determino el uso del cómputo aminoacídico corregido por la digestibilidad de la proteína (PDCAAS). El PDCAAS compara el perfil de aminoácidos de una proteína en estudio con las necesidades del niño mayor a un año que representan los requerimientos más exigentes de los diferentes grupos etarios a excepción de los lactantes que se comparan con la leche humana. El valor de PDCAAS se obtuvo con la siguiente formula^{13,40,41}.

$$PDCAAS = \text{cómputo aminoacídico} * \text{digestibilidad de proteínas}$$

Una puntuación mayor a 100% indica que los aminoácidos en exceso no confieren un aporte nutricional adicional, en tanto que una puntuación mayor o igual a 90% puede considerarse adecuado para cubrir los requerimientos de aminoácidos esenciales y, una puntuación menor a 90 indicaría que es necesario aumentar el consumo de proteína para cumplir con los requerimientos de aminoácidos indispensables.

Tabla 2. Requerimiento de aminoácidos esenciales para todos los grupos etarios

Aminoácidos	Score pattern mg/g de proteína requerida en infantes ⁴⁰	Score pattern mg/g de proteína requerida en preescolares ⁴⁰	Score pattern mg/g de proteína requerida en escolares y adolescentes ⁴⁰	Score pattern mg/g de proteína requerida en adultos ⁴⁰
Histidina	20	18	16	15
Isoleucina	32	31	30	30
Leucina	66	63	61	59
Lisina	57	52	48	45
SAA	27	25	23	22
AAA	52	46	41	38

Treonina	31	27	25	23
Triptófano	8	7	7	6
Valina	43	41	40	39

V. RESULTADOS

El tiempo de producción total del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café fue de 64 días, durante este proceso se contaminaron cinco panetones de un total de ocho. De los 3 restantes se obtuvo 195.24 gramos de cuerpos fructíferos de 2 cosechas consecutivas del hongo (tabla 3). En relación a las características de los cuerpos fructíferos el píleo tuvo una forma flabeliforme de color blanco y gris claro, con bordes involutos de 2.5 cm – 9cm de ancho; el estípite fue del mismo color que el píleo con 4 cm de largo; las lamelas fueron de color blancas y cremosas apretadas (tabla 4).

Tabla 3. Condiciones y producción total de cuerpos fructíferos del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café

Temperatura promedio °C	Cantidad de inóculo (%)	N° de cosechas	Peso total de los cuerpos fructíferos (gramos)
25	0.83%	1 ^{ra}	152.53
		2 ^{da}	42.71
Total			195.24

Tabla 4. Características del micelio y los carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* producidos en sustrato de café

Partes del hongo	Características		
	Textura	Color	Ancho
Micelio	Algodonoso	blanco	*
Píleo	Suave carnoso	Blancos/gris claro	2,5 cm – 12 cm
Estípite	Suave carnoso	Blanco, gris claro	4 cm

* No aplica, porque el micelio se expande de acuerdo al medio de crecimiento.

En la tabla 5 se presenta los valores de los parámetros referidos a la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus*; la eficiencia biológica (EB) fue 8.39%, la tasa de producción (TP) 13.10% y el rendimiento (R) 5.16%.

Tabla 5. Productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café.

Temperatura °C	Cantidad de inóculo (%)	Eficiencia biológica (EB) %	Tasa de producción (TP) %	Rendimiento (R) %
25	0.83%	8.39	13.10	5.16

Los valores referidos a la composición proximal muestran un 30% de proteína bruta, 1% de grasas, 50% de carbohidratos, 7% de cenizas y un 11% de fibra cruda en 100 gramos de harina de los cuerpos fructíferos del hongo (tabla 6).

Tabla 6. Análisis proximal del hongo *Pleurotus ostreatus* proximal.

Muestra	Porcentaje en peso (%)				
	Proteínas	Grasas	Cenizas	Fibra cruda	Carbohidratos
Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	30.49±0.57	1.0±0.02	7.23±0.09	11.13±0.31	50.14±0.30

En la tabla 7 se muestra perfil de aminoácidos del hongo *Pleurotus ostreatus* en mg del aminoácido por cada gramo de muestra y por cada g de proteína. Se reporta que el hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustrato de café contiene todos los aminoácidos esenciales y que los aminoácidos esenciales isoleucina, leucina, fenilalanina y lisina se encuentran en más de 50mg/g de proteína.

Tabla 7. Perfil de aminoácidos del hongo *Pleurotus ostreatus* (HPO).

Aa_HPO	mg/g muestra	mg/g proteína HPO
His*	11.44	37.52
Iso*	16.75	54.94
Leu*	18.06	59.23
Lis*	29.52	96.82
Phe*	17.49	57.36
Tyr*	5.88	19.29
Met*	2.67	8.76
Cys*	10.66	34.96
Thr*	16.59	54.41
Trp*	4.29	14.07
Val*	10.98	36.01
Ac.Asp	15.16	49.72
Ac.Glu	27.2	89.21
Gln	ND	ND
Ser	10.92	35.82
Arg	14.1	46.24
Gli	35.54	116.56
Ala	16.29	53.43
Pro	12.21	40.05
Asp	6.64	21.78

N.D. no determinado, * aminoácidos esenciales

Según los requerimientos de aminoácidos para infantes, preescolares, escolares y adolescentes y, adultos el aminoácido indispensable con la puntuación más baja es la valina al cual le corresponde valores de 83.7, 87.8, 90 y 90,2 respectivamente. El segundo aminoácido limitante con excepción para los adultos es la leucina con valores de 89.7, 94 y 97 para infantes, preescolares, escolares y adolescentes respectivamente tal y como se aprecia en la tabla 8.

En la tabla 9 se presenta el índice de la calidad de la dieta de la harina del hongo *Pleurotus ostreatus* para infantes, preescolares, adolescentes y escolares y adultos. Indica que los infantes deben consumir 1.19 g/Kg (de peso)/día de proteína fúngica para satisfacer el requerimiento del aminoácido más limitante (val), y así también con los demás grupos etarios a los que les corresponde consumir 1.13g/kg/día, 1.11g/kg de peso/día y 1.08g/kg de peso/día respectivamente.

En la tabla 10 se muestra que los productos de origen animal (huevo y leche de vaca), quinua y soya no presentan aminoácidos limitantes para el requerimiento de proteína segura en infantes de 0.5 años; más los aminoácidos lisina y valina son limitantes para el trigo y harina del hongo *Pleurotus ostreatus* respectivamente.

Tabla 8. Computo de aminoácidos esenciales del hongo *Pleurotus ostreatus* en relación con el requerimiento de aminoácidos esenciales para todos los grupos etarios.

Aminoácidos	Computo aminoacídico para infantes ³⁹	Computo aminoacídico para preescolares ³⁹	Computo aminoacídico para escolares y adolescentes ³⁹	Computo aminoacídico para adultos ³⁹
Histidina	187.5	208.3	234.4	250
Isoleucina	171.6	177.1	183	183
Leucina	89.7	94	97	100.3
Lisina	169.8	186.2	201.7	215
SAA	161.8	174.8	190	198.6
AAA	147.5	166.7	187.1	201.8
Treonina	175.5	201.5	217.6	236.5
Triptófano	176.3	201.4	201.4	235
Valina	83.7*	87.8*	90*	92.3*

* aminoácido limitante

Tabla 9. Puntaje de la proteína de la harina del hongo *Pleurotus Ostreatus* en relación a los requerimientos de aminoácidos y proteínas para todos los grupos etarios.

Aminoácidos	Ingesta de proteína para requerimientos de aa de infantes (g/kg/d)	Ingesta de proteína para requerimientos de aa de preescolares (g/kg/d)	Ingesta de proteína para requerimientos de aa de escolares y adolescentes (g/kg/d)	Ingesta de proteína para requerimientos de aa de adultos (g/kg/d)
Histidina	0.533	0.48	0.427	0.4
Isoleucina	0.583	0.565	0.546	0.546
Leucina	1.115	1.064	1.030	0.997
Lisina	0.589	0.537	0.496	0.465
SAA	0.618	0.618	0.526	0.503
AAA	0.678	0.678	0.535	0.495
Treonina	0.569	0.496	0.459	0.423
Triptófano	0.567	0.496	0.496	0.426
Valina	1.19	1.13	1.11	1.08
Requerimiento de proteína (g/kg peso día)	1.12	0.86	0.73	0.66
Índice de la calidad proteica	1.12/1.19 = 94.12%	0.86/1.13 = 76.11%	0.73/1.11 = 65.77%	0.66/1.08 = 61.11%

Tabla 10. Computo de aminoácidos de los alimentos de origen animal, vegetal y hongo *Pleurotus ostreatus* para el grupo etario de 0.5 años.

Aminoácidos esenciales	Req_aa_mg/g proteína para infantes	mg/g de proteínas crudas y score de Aminoácidos											
		Huevo ⁴²		Leche de vaca ⁴²		Quinoa ⁴²		Trigo grano entero ⁴²		Soya grano ⁴²		Hongos <i>Pleurotus Ostreatus</i>	
		mg/g	Comp	mg/g	Comp	mg/g	Comp	mg/g	Comp	mg/g	Comp	mg/g	Comp
Histidina	20	22.0	1.1	27.0	1.35	31.0	1.55	25.0	1.47	28.0	1.4	37.5	1.88
Isoleucina	32	54.0	1.69	47.0	1.47	53.0	1.66	35.0	1.30	50.0	1.56	54.9	1.72
Leucina	66	86.0	1.30	95.0	1.44	63.0	0.95	71.0	1.27	86.0	1.30	59.2	0.90
Lisina	57	70.0	1.23	78.0	1.39	64.0	1.12	31.0	0.65	70.0	1.23	96.8	1.70
Met + Cys	27	57.0	2.11	33.0	1.22	28.0	1.04	43.0	1.87	28.0	1.04	43.7	1.62
Phe + Tyr	52	93.0	1.79	102.0	1.96	72.0	1.38	80.0	1.78	88.0	1.69	76.7	1.46
Treonina	31	47.0	1.51	44.0	1.42	44.0	1.42	31.0	1.19	42.0	1.35	54.4	1.75
Triptófano	8	17.0	2.13	14.0	1.75	9.0	1.13	12.0	1.71	14.0	1.75	14.1	1.76
Valina	43	66.0	1.53	64.0	1.49	48.0	1.12	47.0	1.27	52.0	1.21	36.0	0.84

Comp, puntuación de aminoácidos

VI. DISCUSIÓN

El peso en fresco de los cuerpos fructíferos de las 2 cosechas fue de 195, 24 gramos en total (tabla 3) lo que refleja una tasa de producción de 8.39%, una eficiencia biológica 13.1% y un rendimiento 5.16% (tabla 3); estos valores de productividad no coinciden con los reportados por otros autores debido principalmente a la proporción de la semilla y sustrato utilizado^{34,43}. En el presente trabajo se empleó un 0.83% del peso de sustrato, más en los casos reportados emplearon el 10% del sustrato húmedo, obteniendo una eficiencia biológica superior al 40% y rendimiento mayor al 10%; valores considerados como parámetros mínimos para una producción aceptable según estos autores^{34,43}. También, no se obtuvo una eficiencia biológica superior al 100% como lo reportan Soto et. al y Martínez. Et al, quienes trabajaron con un inóculo de entre 0.5% y 3% del sustrato húmedo.^{25,26}

Es necesario considerar que la proporción adecuada de semilla y sustrato pueden aumentar la producción y acortar el tiempo total de la misma, por ello para obtener una producción aceptable mínimamente se debe considerar una cantidad de semilla no menor del 5% del sustrato húmedo como lo consideran Gamarra et, al y Bermúdez et, al^{34, 43}.

Las diferencias encontradas de la productibilidad entre lo reportado con los resultados del estudio pueden deberse a las condiciones de humedad, pues la falta de control exacto de la humedad durante la etapa de inducción a la fructificación y la densidad del panetón se convirtieron en dos factores que modificaron el desarrollo micelial y la formación de cuerpos fructíferos. Algunos autores recomiendan considerar una humedad en el sustrato de 70% y una densidad de empaquetamiento del “panetón” de 60g por 100 ml⁴⁴.

Respecto a la temperatura, diversos estudios han indicado que la especie del hongo *Pleurotus ostreatus* puede soportar hasta 32 °C y puede tener un crecimiento óptimo entre 26 – 28°C^{42,43,44}. La temperatura promedio durante la fructificación fue de 22°C y puede influir negativamente en el metabolismo del hongo, mas es importante señalar que se desconoce la sensibilidad a la temperatura de la cepa con

la que se trabajó. Otro factor que pudo influir en la fructificación es el potencial de hidrogeno del sustrato (pH), ya este influye directamente sobre las proteínas de membrana. Diversos autores señalan que un pH inferior a 5 y mayor 7 inhibe el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*^{45,46}.

Pese a que los resultados obtenidos para productividad están por debajo de lo mínimo esperado para considerar a la pulpa de café como un sustrato elegible para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, se puede apreciar que los cuerpos fructíferos presentan las características estándar de la especie del hongo *Pleurotus ostreatus* (tabla 4), estas características pueden atribuirse a que la cáscara de café contiene las proporciones de nutrientes adecuadas para el desarrollo micelial del hongo *Pleurotus ostreatus*^{45,46}. Otros autores^{25,26} reportaron que con un inóculo de 0.3 – 5% del peso del sustrato húmedo y utilizando pulpa de café fresca con un proceso de fermentación obtuvieron un rendimiento superior al 150%.

En referencia al valor nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* (tabla 5), el análisis químico proximal demuestra que la harina del hongo *Pleurotus ostreatus* contiene un alto porcentaje de proteína bruta de 30%, tal como lo reportan Friedman⁴⁷ y Bermúdez⁴³. El contenido de la proteína bruta es incluso mayor al reportado por Hoa HT et. al⁴⁸, quien trabajó con cepas de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en sustratos convencionales de aserrín, bagazo de caña de azúcar y mazorca de maíz⁴⁸. Sin embargo, el contenido de proteína fue menor en comparación con los resultados reportados por Wang D, et. al⁴⁹; la especie del hongo de *P. ostreatus* cultivada en residuos de grano empleados en la elaboración de cerveza suplementados con salvado de trigo, arroz y maíz obtuvieron una composición de 53.3%, 41.5% y 41.1% de proteínas, respectivamente.

La variación en el contenido de proteína se debe principalmente al contenido de nitrógeno, aminoácidos y lignina en el sustrato, ya que la acumulación de proteína en el cuerpo fructífero del hongo es el resultado de la actividad metabólica del micelio en crecimiento y del sustrato descomponiéndose en dióxido de carbono y

agua. También, depende de las condiciones atmosféricas, el estado de desarrollo del hongo y parte del cuerpo frutífero utilizada para el análisis^{49, 50}.

También, la harina del hongo posee un bajo contenido de grasas 1%, un 50% de carbohidratos y 7% de cenizas (tabla 5), esta composición es similar a la reportada por otros autores^{43,47}. Además, considerando la capacidad del organismo para sintetizar los aminoácidos y su demanda, se considera que la proteína del hongo contiene todos los aminoácidos esenciales que lo convierten en una potencial alternativa para complementar las dietas veganas que no incluyen las fuentes proteicas de origen animal ricas en proteínas de alto valor biológico (tabla 6). Pero, el perfil de aminoácidos del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustrato de café es menor al reportado por Wang D, et. al⁵⁰, quién equipara el contenido a aminoácidos cultivados en sustrato de arroz. En la tabla 6 se puede apreciar que los aminoácidos esenciales isoleucina, leucina, fenilalanina y lisina se encuentran en más de 50mg/g de proteína del hongo *Pleurotus ostreatus*, con ello se afirma que la comparación del perfil de aminoácidos entre las mismas especies varía en función de los factores genéticos de la cepa, los factores ambientales, el sustrato y las inexactitudes propias de los análisis.

Según los requerimientos de aminoácidos para infantes, preescolares, escolares y adolescentes y, adultos el aminoácido indispensable con la puntuación más baja es la valina al cual le corresponde valores de 83.7, 87.8, 90 y 90.2 respectivamente. El segundo aminoácido limitante con excepción para los adultos es la leucina, con valores de 89.7, 94 y 97 para infantes, preescolares, escolares y adolescentes respectivamente, tal y como se aprecia en la tabla 8. Sin embargo, la puntuación de aminoácidos no siempre proporciona una evaluación correcta de la biodisponibilidad de la proteína estudiada, por tanto puede sobreestimar la calidad biológica de esta⁵¹.

En la tabla 9 se aprecia que, para cumplir el requerimiento diario de proteína fúngica en infantes, preescolares, escolares y adolescentes, y adultos deben consumir

1.19g/kg/d, 1.13 g/kg/d, 1.11g/kg/d y 1.08 g/kg/d respectivamente, considerando a la valina como aminoácido limitante.

El computo de aminoácidos de la proteína del hongo *Pleurotus ostreatus* para infantes en comparación con productos de origen animal (huevo y leche de vaca), el pseudocereal (quinua), cereal (trigo) y la leguminosa (soya) dejan a este con un aminoácido limitante a la valina (0.84%); en tanto que en una dieta que incluya el cereal (trigo) se complementan ya que el trigo tiene como aminoácido limitante a la lisina (65%) y el hongo no, a su vez este último es limitante en valina (84%) y el trigo no (tabla 10). Sin embargo, para determinar la calidad de la proteína no solamente se considera el contenido o computo de aminoácidos indispensables pese a que cumpla con el requerimiento dietético, tal como lo reporta Nirupama S, et. al^{40,51}; sino que, es necesario considerar la presencia de factores anti nutricionales en la proteína fúngica que influyen en la digestibilidad total del alimento y también la edad, estado fisiológico (infecciones, infestaciones parasitarias) del individuo, inclusive el procesamiento y almacenamiento del alimento^{40,51}.

En la actualidad, la FAO⁴¹ sugiere la calificación del cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad como el método para evaluar la calidad de la proteína. Sin embargo, al no conocerse la digestibilidad de la harina del hongo *Pleurotus ostreatus* solo se evaluó la calidad proteína en relación a la puntuación aminoacídica.

Dentro de los resultados no se pudo obtener la proporción idónea de la semilla sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en cáscara de café deshidratada, ya que no se contó con todos los instrumentos y cantidades necesarios para mantener las condiciones de cultivo.

VII. CONCLUSIONES

La productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustrato de café seco es baja utilizando una proporción de inóculo del 0.83% del sustrato húmedo, pues no supera el 40% y 10% para eficiencia biológica y rendimiento respectivamente considerados parámetros mínimos para una producción viable. Además, los cuerpos fructíferos producto de la cosecha del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en sustrato de café presentan las características estándar de la especie de *Pleurotus sp.*

La harina de hongo *Pleurotus ostreatus* posee un aporte considerable proteína total (30,49%), asimismo, posee un buen perfil de aminoácidos, pues tiene todos los aminoácidos esenciales, especialmente isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, histidina y treonina, pero es limitante en valina, lo cual lo hace un alimento complementario para los cereales y legumbres.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda determinar diferentes proporciones semilla sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en cáscara de café deshidratada. Asimismo, complementar el computo de aminoácidos con digestibilidad verdadera de la proteína del hongo *Pleurotus ostreatus*.

En un próximo estudio se debería evaluar el efecto del sustrato cáscara de café en el contenido de los minerales en los cuerpos fructíferos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Desprez LM, Robin C, Buée M, Courtecuisse R, Garbaye J, Suffert F, Satche I, Rizzo DM, Rizzo M. The fungal dimension of biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*. 2007; 22(9): 472-480. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534707001322>.
2. Hawksworth DL. The magnitude of fungal diversity: the 1±5 million species estimate revisited. *Mycological Research*. 2001;105 (12): 142
3. Holgado RME, Aranzabal CRL, Lazarte LR, Quispe AP, Pérez L K, Aguilar MF, et al . Cultivo de *Pleurotus* sp. y *Lentinula edodes* bajo condiciones artesanales en comunidades campesinas de la Región Cusco / Perú. *Ecología aplicada*. 2019; 18(2): 125-132. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172622162019000200003&lng=es. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1331>.
4. Martínez DC, Curvetto N, Sobal M, MoralesP, MoraM. Hacia un desarrollo sostenible del Sistema de producción - Consumo de los Hongos comestibles y Medicinales en latinoamerica: Avances y perspectivas del siglo XXI. 1ra. ed. Puebla: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales--Producción, Desarrollo y Consumo; 2010.
5. MINAGRI. Plan nacional de cultivos. Campaña agrícola 2018-2019. Disponible en: https://www.sierraexportadora.gob.pe/descargas/plan-anual/plan_nacional_cultivos.pdf.
6. Trutmann P, Luque A. En: VI Congreso Nacional de investigaciones en antropología Perú , Puno 2-5 octubre 2012. Los Hongos Olvidados del Perú. ResearchGate. 2012: 1- 13. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260339067_Los_Hongos_Olvidados_de_l_Peru.
7. Pavlich HM. Los hongos comestibles del Perú. *Biota*. 2001; 100: 3 - 19.
8. MINAGRI. Notas informativas. 2006. Disponible en: http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/rediagro/2016/notas/notas_abril2016.

9. Sierra exportadora. *Suillus luteus*. Disponible en: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/programas/forestales/wp-content/uploads/2017/08/HONGOS.pdf>
10. Piña GA, Nieto MD, Robles MF. Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2016; 32:141-151
Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.10/46678>
11. Pavlic HM, Barreto N, Mostajo M, Quispe G, Chimey C, De la Rosa S. Cultivo de hongos comestible del Perú en residuos lignocelulósicos. *Biota*.2001; 100: 20-36.
12. Chimey H, Holgado R. Hacia un desarrollo sostenible del Sistema de producción - consumo de hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica. *Avances y perspectivas del siglo XXI. Los hongos comestibles silvestres y cultivados en Perú: Capítulo 21, 381 - 395.*
13. Suárez L, M. M., Kizlansky A., López L. B.. Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición Hospitalaria*. 2006; 21(1): 47-51. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000100009&lng=es.
14. Braham JE, Bressani R. *Pulpa de café. Composición, tecnología y utilización*. Bogotá: INCAP; 1978 [citado 11 feb.2021].
15. Rojas V. *Producción del hongo comestible Pleurotus ostreatus en pulpa de café*. UNPRG. Lambayeque. 2016.
16. Bermúdez, R. C., García, N., Gross, P., Serrano, M., *Cultivation of Pleurotus on agricultural substrates in Cuba*. *Micología Aplicada Internacional* [Internet]. 2001; 13(1):25-29. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68513103>
17. Velázquez CM, Mata G, Savoie JP. Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*.2002; 18: 201–207.

18. Bermúdez SR, García ON, Mourlot LA. Fermentación sólida para la producción de *pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. Tecnología química. 2007; Vol. XXVII (2): 55 – 62 disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>
19. Gamarra TO, Yalta MJ, Pérez TR, Vera RJ. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jac. EX fr.) Kumm empleando pulpa de café como sustrato. Rev. Pakamuros. 2013; 1: 38 – 43.
20. Mendoza H, Juscamaita J, Quipuzco L. Análisis de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* obtenida a partir de los subproductos de la etapa de despulpado del café. Agroindustrial science. 2019; 9(2): Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2709/3033>
21. Nieto JJ, Cuzcano RA, Reyes LW. Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. Revista Sociedad química del Perú. 2019; 85(4): 422- 431. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n4/2309-8740-rsqp-85-04-422.pdf>
22. Instituto de Innovación Agraria. guía de proyectos de innovación agraria-nivel nacional. Gestión de residuos orgánicos producidos en el beneficio postcosecha del cultivo de café para la obtención de hongos comestibles en la Coop. Agraria Cafetalera La Florida del centro poblado San Miguel de Eneñas, distrito de Villa Rica. [internet]. Lima: INIA; 2019 [citado 11 de feb. 2021]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/572081/fichas-nacional-agosto-2019k.pdf>
23. Instituto de Innovación Agraria. Sistematización de la experiencia de los subproyectos de café. [internet]. Lima: INIA; 2019 [citado 11 de feb. 2021]. Disponible en:
24. Díaz VC, Carmen WM. Línea de base del sector café en el Perú. PNUD. 2017: <http://minagri.gob.pe/portal/download/2017/pncafe/sector-cafe-peru.pdf>
25. Soto C, Martínez CD, Morales P, Sóbál M. La pulpa de café secada al sol, coho una forma de alhacenamiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexica de Micología. 1987;3: 133-136.
26. Martínez CD, Aguilar A, Martínez W, Bonilla M, Morales P, et al., Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in

- Mexico. En: T. Sera et al. (eds.). Coffee Biotechnology and Quality: Kluwer Academic Publishers; 2000, p 471-488.
27. Díaz RV. Análisis económico de la ingesta de alimentos en el Perú. Instituto de Estudios Peruanos. 2010 15. INEI. Perú: consumo per cápita de los principales alimentos 2008 -2009. Lima. 2012.
28. Caballero LG. Patrones de consumo alimentario, estado nutricional y características metabólicas en muestras poblacionales del nivel del mar y altura del Perú. UPCH. 2017: 85-87.
http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/1012/Patrones_CaballeroGutierrez_Lidia.pdf?sequence=3&isAllowed=y
29. Huamán EL. Valladares C. Estado nutricional y características del consumo alimentario de la población Aguaruna. Amazonas, Perú 2004. Rev. perú. med. exp. salud pública. 2006; 23(1): 12-21 Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172646342006000100003
30. Datum internacional. Los peruanos no cuentan con información nutricional necesaria para seguir una dieta saludable. 2013 http://www.datum.com.pe/new_web_files/files/pdf/HAS.pdf
31. Gonzales TL, Téllez VA, Sampedro JG, Nájera H. LAS PROTEÍNAS EN LA NUTRICIÓN. Revista Salud Publica y Nutrición. 2007; 8(2): 1-7 Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2007/spn072g.pdf>
32. Sánchez-Griñan CMI. La seguridad alimentaria y nutricional en el actual contexto de la pandemia. Presentado en conferencia. 2020. Lima.
33. García RP, Rodríguez PW, Chalarca GE, Andrade ZE. Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotu pulmonarius*) frescos y deshidratados. Ingenierías & Amazonia. 2014; 7 (1): Disponible en: http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-yamazonia/article/view/339/pdf_29
34. Gamarra TO, Yalta MJ, Pérez TR, Vera RJ. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jac. EX fr.) Kumm empleando pulpa de café como sustrato. Rev. Pakamuros. 2013; 1: 38 – 43.

35. Rajarathnam S, Bano Z, Philip G. Miles. *Pleurotus mushrooms*. Part I A. morphology, life cycle, taxonomy, breeding, and cultivation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2009; 26(2): 157-223. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398709527465>
36. Betancur AD, López LJ, Chel-Guerrero J. Comparison of the chemical composition and functional properties of Phaseolus lunatus prime and tailing starches. *Food Chemistry*. 2003; 82: 217–225
37. Tsugita A, Scheffler JJ. A rapid method for acid hydrolysis of protein with a mixture of trifluoroacetic acid and hydrochloric acid. *Eur. J. Biochem*. 1982, 124, 585-588.
38. Torres JC, Vargas M, Acereto P. Estandarización de una metodología para la determinación de aminoácidos por HPLC en concentrados proteicos. *Memorias Congreso Internacional de Química Industrial, México, 2009*, p 104.
39. Nirupama S, Jackson A, Courtney-Martin G, Elango R, Ghosh S, et. al. Protein Quality Assessment of Follow-up Formula for Young Children and Ready-to-Use Therapeutic Foods: Recommendations by the FAO Expert Working Group in 2017. *Journal of Nutrition*. 2019; 00:1–7. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/nxz250>
40. Millward J. Amino acid scoring patterns for protein quality assessment. *British Journal of Nutrition*. 2012;108: 31 - 43. Doi:10.1017/S0007114512002462
41. FAO. Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en la nutrición humana. España.2017(92).
42. Ayala G. Ortega L, Moron C. Valor nutritivo y usos de la quinua. FAO Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap8_1.htm#35
43. Bermúdez SR, García ON, Murlot LA. Fermentación sólida para la producción de pleurotus sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología química*. 2007; Vol. XXVII (2): 55 – 62 disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>
44. Wang D, Sakoda A, Suzuki M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivate don spend beer grain. *Bioresource Technology*. 2001; (78): 293 - 300. Doi [0.1016/S0960-8524\(01\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00002-5)

45. Ardon C. La producción de hongos comestible [Maestria]. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2007.
46. Sánchez JE, Royse D. La biología y el cultivo de *Pleurotus ss.pp.* 1ra, ed. ECOSUR: UTHEA noriega editores; 2001.
47. Friedman M. Mushroom Polysaccharides: Chemistry and Antiobesity, Antidiabetes, Anticancer, and Antibiotic Properties in Cells, Rodents, and Humans. *Foods*. 2016; 5: 1-40.
48. Hoa HT, Wang CL, Wang CH. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional Composition of two Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*. 2015 Dec;43(4):423-34. doi: 10.5941/MYCO.2015.43.4.423. Epub 2015 Dec 31. PMID: 26839502; PMCID: PMC4731647.
49. Dianxia W, Akiyoshi S, Motoyuki S. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivate don spend beer grain. *Bioresourse Technology*. 2001; 78: 293 - 300. Doi 0.1016/S0960-8524(01)00002-5).
50. Mshandete AM, Cuff J. Proximate and nutrient composition of three types of indigenous edible wild mushroom grown in Tanzania and their utilization prospects. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 2007; 7: 1-16 Doi 10.18697/ajfand.17.2615.
51. Gorissen SHM, Witard OC. Characterising the muscle anabolic potential of dairy, meat and plant-based protein sources in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2018); 77:20–31 Doi: 10.1017/S002966511700194X.

Anexo 1



Dirección Universitaria de
**INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y
TECNOLOGÍA (DUICT)**

CARFG-ORVEI-033-20

Lima, 11 de mayo del 2020

Señorita:
CÓRDOVA ALBERCA, MERCY
Presente.

Estimada investigadora:

Es grato dirigirme a usted para saludarla y a la vez informarle que hemos recibido el proyecto de investigación titulado: **PRODUCTIVIDAD DEL HONGO COMESTIBLE PLEUROTUS OSTREATUS EN SUSTRATO DE CAFÉ Y DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL, SIDI 201085**, el cual ha sido revisado y registrado en la Dirección Universitaria De Investigación, Ciencia Y Tecnología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. De acuerdo al Manual de Procedimientos de nuestra universidad y por sus características, este proyecto no requiere evaluación por el Comité Institucional de Ética en Humanos o en Animales, pudiendo iniciar su ejecución.

Agradecemos tenga a bien presentar su informe de cierre al concluir la ejecución de su proyecto.

Atentamente,



Dr. Carlos Zamudio Fuentes
Decano
Dirección Universitaria de Investigación,
Ciencia y Tecnología

/r/

Av. Honorio Delgado 430, SMP 15102
Aptado postal 4314
011 319-0000 anexo 20130
duict@unperu.edu.pe
www.cayetano.edu.pe

Anexo 2



Imagen 1. Cascara de café seca



Imagen 4. Panetones esterilizados



Imagen 2. Armado de panetones



Imagen 5. Trigo esterilizado para elaborar la semilla



Imagen 3. Esterilizado de panetones

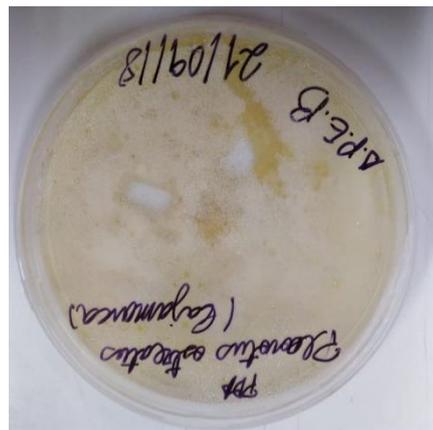


Imagen 6. Placa de propagación

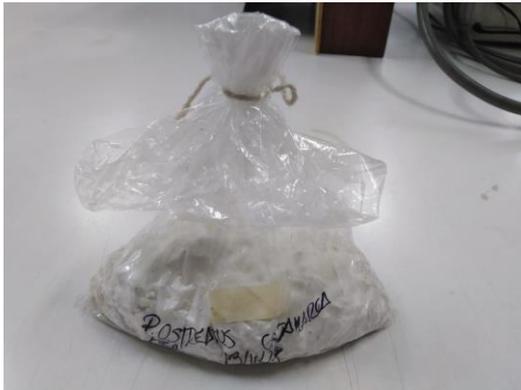


Imagen 7. Semilla de hongo *Pleurotus ostreatus* en granos de trigo.



Imagen 10. Invasión de la semilla en el sustrato de café

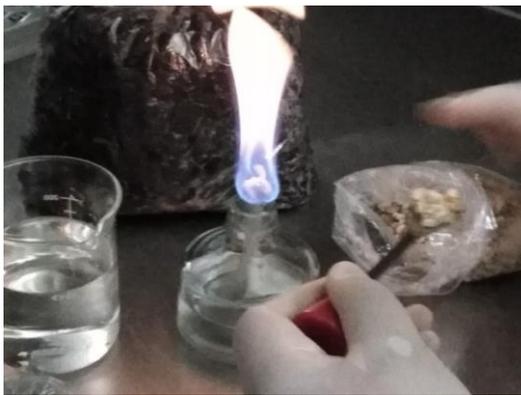


Imagen 8. Inoculación de semilla



Imagen 9. Incubación de panetones.



Imagen 11. Invasión total del panetón por micelio de *Pleurotus ostreatus*



Imagen 12. Aparición de los primordios



Imagen 14. Aparición de cuerpos fructíferos del hongo *Pleurotus ostreatus*



Imagen 13. Inducción a la fructificación.



Imagen 15. Cuerpos fructíferos semimaduros.



Imagen 16. Cuerpos fructíferos maduros



Imagen 18. Píleo o sombrero del hongo *Pleurotus ostreatus*.



Imagen 17. Cuerpos fructíferos maduros



Imagen 19. Lamelas del hongo *Pleurotus ostreatus*



Imagen 20. Estípite del hongo *Pleurotus ostreatus*



Imagen 21. Cuerpos fructíferos secos de hongo *Pleurotus ostreatus*