

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS

NATURALES



Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos a base del residuo de las áreas verdes de la Universidad Nacional del

Callao

Trabajo de investigación aprobado con Resolución Rectoral N°

078-2018-R

Autor: Carlos odorico Tome Ramos

Callao, 2019

Perú

Dedico éste trabajo de investigación a Dios por permitir realizarla.

A mi esposa Margarita e hijos Jazmín, Carlos y Joaquín que han estado a mi lado durante el desarrollo de la investigación

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 Descripción de la realidad problemática	12
1.2 Formulación del Problema	13
1.2.1.-Problema General:	13
1.2.2.-Problemas específicos:	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1.-Objetivo General	13
1.3.2.-Objetivos Específicos	13
1.4 Justificación	14
1.5 Limitantes de la Investigación	14
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes	16
2.1.1.- Antecedentes Internacionales	16
2.1.2.- Antecedentes Nacionales	57
2.2 Bases Teóricas	62
2.2.1.- Cultivo de <i>Pleurotus</i> spp.	62
2.2.2.- Factores que influyen en el crecimiento y el cultivo de <i>Pleurotus</i> spp.	63
2.2.3.- Uso del Sustrato Residual del cultivo de <i>Pleurotus</i> spp.	73
2.3 Conceptual	78
2.3.1.- Hongos:	78
2.3.2.- Setas	79
2.3.3.- <i>Pleurotus</i> spp:	81
2.3.4.- Propiedades nutraceuticas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	82
2.4 Definición de Términos Básicos	84
2.4.1.- Producción de hongos comestibles:	84
2.3.2.- Semilla o Blanco de hongo	84

2.4.3.- Compostaje del sustrato para el cultivo de Pleurotus spp.	86
2.4.4.- Pasteurización:	87
2.4.5.- Siembra	88
2.4.6.-Incubación	88
2.3.7.- Cosecha	89
2.4.8.- Fructificación:	90
2.4.9.- Eficiencia Biológica (EB):	90
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	91
3.1 Hipótesis	91
3.1.1.-Hipótesis General:	91
3.1.2.-Hipótesis específica:	91
3.2 Definición conceptual de variables	91
3.2.1.- Operacionalización de variables	93
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	94
4.1 Tipo y diseño de investigación	94
4.2 Método de investigación	94
4.3 Población y muestra	95
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado	95
4.5 Técnicas e Instrumentos para la recolección de la información	95
4.5.1.- Determinación de la velocidad de crecimiento de Pleurotus ostreatus	95
4.5.2.- Producción de la Semilla o blanco de Pleurotus ostreatus	96
4.5.3.- Formulación de sustratos según la relación C/N para el cultivo del Pleurotus ostreatus	98
4.5.4.- Preparación del sustrato:	100
4.5.5.- Siembra de la semilla o blanco de Pleurotus ostreatus sobre los sustratos.	100
4.5.6.- Cultivo del Pleurotus ostreatus sobre los diferentes sustratos elaborados a base del césped residual de jardines:	101
4.6 Análisis y procesamiento de datos	102
V. RESULTADOS	104
5.1 Resultados descriptivos	104
5.1.1.- Velocidad de crecimiento de Pleurotus ostreatus	104
5.1.2.- De la producción de semilla o blanco de Pleurotus ostreatus	105
5.1.3.- Formulación y caracterización de los sustratos	106

5.1.4.- Producción de cuerpos fructíferos de Pleurotus ostreatus sobre los diferentes sustratos a base del césped residual de jardines y viruta fina	108
5.2 Resultados Inferenciales	117
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	120
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	120
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.	122
6.3 Responsabilidad ética	128
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
ANEXOS	151
1.- Matriz de Consistencia	151
2.- Informe de Resultados de Análisis de N, P, K y, C del césped residual de jardines	152
3.- Informe de Resultados del Análisis de N, P, K y, C de viruta fina	153

RESUMEN

Los residuos de la poda del césped de las áreas verdes de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao no son aprovechados adecuadamente, ocasionando en su disposición final una contaminación paisajística; por ello en el presente trabajo se tuvo como objetivo determinar el mejor sustrato a base del césped residual de jardines para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*; para lo cual el micelio fue proliferado sobre el agar papa dextrosa, la semilla sobre granos de trigo, cebada y, mezcla de los dos granos (3:1) y, cultivar en bolsas sobre cuatro diferentes sustratos elaborados a base del césped residual de jardines y viruta fina, en condiciones ambientales de un invernadero. Se determinó la velocidad de crecimiento de 7,80 mm/día a 28 °C sobre el medio de cultivo agar papa dextrosa, tiempo de invasión total del micelio de 15 días sobre los diferentes granos de cereales y; en relación a la producción y eficiencia biológica promedio se obtuvo: 199,800 g del hongo/ kg de sustrato y 82,562 % con el sustrato de 100 % de césped residual de C/N igual a 20,37, 117,800 g/kg de sustrato y 48,678% con el sustrato de 63,5 % de césped más 36,5 % de viruta fina de relación C/N igual a 30, 49,800 g del hongo/kg de sustrato y 20,579 % con el sustrato de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina de relación C/N igual a 43,4 y, finalmente sin producción de cuerpos fructíferos con el sustrato de 100% de viruta fina de relación C/N igual a 94,12. En conclusión, el mejor sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, validado estadísticamente por el ANOVA para $\alpha=0,05$, es el sustrato compuesta por 100% de césped residual de jardines de la Universidad Nacional de Callao.

Palabras Claves: *Pleurotus ostreatus*, sustrato, eficiencia biológica

ABSTRACT

Lawn pruning waste from the Green áreas of the university city of the National University of Callao is not properly utilized, causing in its final disposal landscape pollution; for this reason, the objective of this work was to determine the best substrate base don the residual lawn of gardens for the cultivation of the edible fungus *Pleurotus ostreatus*; for which the mycelium was proliferated on the potato dextrosa agar, the seed on grains of wheat, barley and, mixture of the two grains (3:1) and, grown in bags on the residual lawn of gardens and fine shavings, in environmental conditions of a greenhouse. The growth rate of 7,80 mm/days was determined at 28 °C on the potato dextrose agar culture médium, 15 day total mycelium invasión time on the different cereal grains and; in relation to the production and average biological efficiency, it was obtained: 199,800 g of the fungus/kg of the substrate and 82,562% with the substrate of 100% of residual grass of C/N equal to 20,37, 117,800 g/kg of substrate and 48,678% with the substrate of 63,5% of grass plus 36,5%of fine chips of C/N ratio equal to 30,0, 49,800 g of the fungus/kg of substrate and 20,579% with the substrate of 36,5% of grass with 63,5% of fine chip of C/N ratio equal to 43,4 and, finally without production of fruiting bodies with the 100% fine chip substrate of C/N ratio equal to 94,12. In conclusión, the best substrate for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*, statistically validated by the ANOVA for $\alpha=0,05$, is the substrate composed of 100% of residual garden turf from the National University of Callao.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, substrate, biological efficiency

INTRODUCCIÓN

El hongo comestible *Pleurotus ostreatus* es cultivado sobre diferentes residuos agroindustriales lignocelulósicos; así tenemos según (Magalhães, Moreira, & Zied, 2018), pueden desarrollarse sobre las briquetas del bagazo de la caña de azúcar (bloque sólido biocombustible) suplementado con salvado de maíz y salvado de trigo; según (Yamauchi et al., 2018) sobre aserrín de bambú Moso (BS) fermentado durante 2 meses y mezclado con salvado de arroz (RB) y/o residuo del destilado del camote fermentado “shochu lees de batata” (SPSL); según (Pardo-Giménez et al., 2018) sobre residuos de la extracción de aceite de almendra como complemento de un sustrato comercial; según (Marlina, Sukotjo, & Marsudi, 2015) sobre los racimos de frutas vacías de la palma aceitera; según (Fernandes, Barros, Martins, Herbert, & Ferreira, 2015) sobre restos de papel blanco e impreso; según (Varnero, Quiroz, & Álvarez, 2010) sobre astillas de álamo, astillas de eucalipto, mezcla de paja de trigo y eucalipto; según (Romero et al., 2010) sobre hojas de plátano deshidratado, paja de trigo, paja de cebada, rastrojo de maíz y pajilla de frijol; según (Sandoval, Manjarrés, Castro, & Sandoval, 2010) sobre cáscara de plátano y bagazo de caña; según (Liang, Wu, Shieh, & Cheng, 2009) sobre tallos de plantas herbáceas forrajeras tales como *Panicum repens* (PRS), *Pennisetum purpureum* (PPS) y, *Zea mays* (ZMS); según (A. Sánchez, Esqueda, Gaitán-Hernández, Córdova, & Coronado, 2008) sobre rastrojo de tomate, rastrojo de tomate mezclado con madera de vid (1:1), rastrojo de tomate mezclado con paja de trigo (1:1); según (Forero, Hoyos, & Bazantes, 2008) sobre residuos de ají de la extracción de oleorresinas solo, mezclado con cascarilla de arroz o con pasto de corte King Grass; según (López-

Rodríguez, Hernández-Corredor, Suárez-Franco, & Borrero, 2008) sobre uchuva, cáscara de arveja, tuza de maíz y aserrín de roble; según (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008) sobre bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano; según (Cayetano-Catarino, Maricela y Bernabé-González, 2008) sobre tallo seco de jamaica, tallo seco de jamaica mezclado con paja de arroz (2:1), pseudotallo y hojas frescas de plátano fermentado durante 14 días; según (Das & Mukherjee, 2007) sobre siete especies de malezas (*Leonotis sp.*, *Sida acuta*, *Parthenium argentatum*, *Ageratum conyzoides*, *Cassia sophera*, *Tephrosia purpurea* y *Lantana cámara*) solo o mezclado con paja de trigo; según (Ortega Arias-carbajal, Grisel Maria; Bueno García, Betancourt Rodríguez, & Álvarez, Ivis; González, 2005) sobre residuos cañeros; según (Pardo A., Perona M.A., 2005) sobre residuos del despallado de la uva, mezcla de paja de trigo y cebada (2:1), kenaf (fibra del leño *Hibiscus cannabinus*), residuo de poda de *Vitis vinífera* y, alperujo (residuo pulverulento de la extracción de aceite de oliva) y; según (Merlo & Mata, 2005) sobre viruta de pino. El hongo *Pleurotus ostreatus* tiene la capacidad de desarrollarse sobre diferentes residuos orgánicos como sustrato, debido a que poseen enzimas que les permite metabolizar moléculas orgánicas complejas, que según (Montoya, Julián Sánchez, & Levin, 2014) producen las enzimas endoglucanasa, exoglucanasa, lacasa y lignina peroxidasa; según (Job, 2004), pueden metabolizar alcaloides como la cafeína y no las incorpora en su cuerpo fructífero, manteniendo un valor nutricional aceptable.

El objetivo del presente trabajo es determinar el mejor sustrato adecuado en base al césped residual de jardines para el crecimiento y fructificación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los residuos de la poda del césped de los jardines de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao, no son aprovechados y su disposición final inadecuada genera una contaminación paisajística. Una situación similar se presenta en los ecosistemas urbanos, pero además ocasiona un costo económico para los gobiernos locales por el recojo y por la disposición final de las grandes cantidades de residuos de la poda de sus áreas verdes. Existen propuestas para utilizar los biorresiduos provenientes de la poda de las áreas verdes de las ciudades, así tenemos a (Mosquera Castillo, 2017) que propone implementar una planta de compostaje y utilizar el producto como abono orgánico para el mantenimiento de los parques de la ciudad de Santiago de Cali-Colombia, para el distrito de Miraflores-Perú según (Cabrera Córdova & Rossi Luna, 2016), la producción de compost es viable económicamente ya que evitaría enviar 230 t mensuales al relleno sanitario y permitiría ahorrar S/. 5 106,22 soles. Sin embargo, hay que considerar que la producción de compost requiere de un terreno extenso y tiempo prolongado, lo cual sería una limitante para ésta actividad en zonas urbanas.

Los biorresiduos, específicamente el césped residual de la poda de los jardines de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao, no es utilizado como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y, se desconoce de un sustrato adecuado a base del césped residual para el cultivo eficiente del hongo comestible.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1.-Problema General:

- ¿Qué sustrato, a base del césped residual de la poda de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao, permite la mejor producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*?

1.2.2.-Problemas específicos:

- ¿Cuál es la velocidad de crecimiento del *Pleurotus ostreatus* sobre un medio de cultivo comercial?
- ¿Cuál es el tiempo de invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre los granos de cereales en la elaboración de la semilla o blanco?
- ¿El sustrato según la relación C/N, a base del césped residual de jardines y viruta fina, influye en la producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*?

1.3 Objetivos

1.3.1.-Objetivo General

- Determinar el sustrato, a base del césped residual de la poda de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao, que permite la mejor producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*

1.3.2.-Objetivos Específicos

- Determinar la velocidad de crecimiento del *Pleurotus ostreatus* sobre un medio de cultivo comercial
- Determinar el tiempo de invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre los granos de cereales en la elaboración de la semilla o blanco.

- Determinar la influencia del sustrato según la relación C/N, a base del césped residual de jardines y viruta fina, sobre la producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

1.4 Justificación

El empleo del césped residual de la poda de los jardines como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, es una alternativa para un manejo eco eficiente de dicho residuo ya que; en primer lugar permitiría producir un alimento nutritivo y/o medicinal (nutraceútics), segundo, se le daría utilidad a un residuo orgánico que es un problema en su disposición final para muchas autoridades locales de ecosistemas urbanos, tercero, el sustrato después del cultivo del hongo comestible estaría degradada y podría ser utilizada como un abono natural mejorador de suelos para cultivos de plantas y, por último, sería una actividad económica para la sociedad

1.5 Limitantes de la Investigación

Un trabajo de investigación, que hayan utilizado específicamente el césped residual de la poda de jardines como sustrato para el cultivo del *Pleurotus ostreatus* y, que hayan considerado el balance de la relación C/N en la formulación del sustrato, no se ha encontrado.

La producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre un determinado sustrato, es influenciado por las condiciones fisicoquímicas del ambiente, en tal sentido las condiciones climatológicas estacionales también influyen en la producción, es decir, pueden variar de acuerdo a la estación del año en que se realiza el cultivo ya sea en el verano, otoño, invierno o en la primavera. Para que

el efecto del clima no sea significativo es que; se acondicionó un invernadero rudimentario, el cual no es suficiente.

En la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao no se cuenta con un invernadero donde se pueda controlar y condicionar ciertos parámetros ambientales, tales como la humedad, temperatura y contenido de CO₂. Así mismo, falta mejorar un laboratorio exclusivamente para investigación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1.- Antecedentes Internacionales

a) Sustratos utilizados en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*: El hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, responsable de la podredumbre blanca, tiene la capacidad de producir un complejo de enzimas que le permite desarrollarse sobre diferentes materiales lignocelulósicos (celulosa, hemicelulosa y quitina); según (Cardoso et al., 2018), el extracto crudo del hongo tiene una alta capacidad de hidrólisis sobre materiales lignocelulósicos en comparación con enzimas purificadas comerciales; así mismo (Sandoval et al., 2010), demostraron la producción de lacasas por *Pleurotus ostreatus* al ser cultivados sobre cáscara de plátano verde y maduro. Las lacasas son enzimas que catalizan la oxidación de sustratos orgánicos o inorgánicos y reducen el oxígeno molecular a agua, es decir, el *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible con la capacidad de crecer y fructificar sobre diferentes materiales lignocelulósicos como sustrato, lo cual ha sido estudiado por diferentes investigadores.

Según (Onyeka & Okehie, 2018), determinaron el efecto de seis diferentes sustratos sobre el crecimiento, rendimiento y la composición nutricional del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*. Formularon los siguientes sustratos:

- SDO sólo aserrín (100%)
- DEG: Aserrín (78%) + salvado de arroz (21%) + CaCO₃ (1%)
- SDW: Aserrín (89%) + residuo de maíz (10%) + CaCO₃ (1%)
- SDC: Aserrín (75%) + cáscara de yuca (25%)

- SBL: Aserrín (75%) + hoja de plátano (25%)
- CPO: Cáscara de yuca solamente (100%)

Y, según sus resultados de la eficiencia de mayor a menor determinaron que; el mejor sustrato fue SDC con 46,31%, seguido de DEG con 39,55%, SBL con 36,00%, SDO con 27,5%, CPO con 26,51% y, la más baja con el sustrato SDW con 20.00%.

Dos especies de *Pleurotus* fueron cultivados sobre paja de la maleza *Brachiaria* (planta forrajera de África) tratada con álcali y, evaluaron su eficacia en la productividad del hongo (Rodrigo Iossi, Valenzuela Cobos, Gea Alegria, & Cunha Zied, 2018); las especies cultivadas fueron *Pleurotus ostreatus* var. Florida y *Pleurotus sapidus* y, la paja para el sustrato fue cortada de 4 a 8 cm y remojada por 20 minutos utilizando dos procedimientos: (i) Diferentes soluciones de Ca (OH)₂: 0.0, 0.5, 1 y 2.0 % en 100 L de agua, y (ii) Diferentes volúmenes de agua: 50, 100, 150, 200 y 250 L. La mejor producción tanto para *P. sapidus* (198.38% de Eficiencia Biológica) y *P. ostreatus* var. Florida (74,75 % de Eficiencia Biológica) la obtuvieron del cultivo sobre el sustrato tratado en la solución de 1% Ca (OH)₂ disuelto en 100 L de agua y 3,5 kg de paja *Brachiaria*.

Según (Magalhães et al., 2018), las briquetas del bagazo de la caña de azúcar (bloque sólido biocombustible) suplementado con salvado de maíz y salvado de trigo, puede ser utilizado para cultivar *Pleurotus ostreatus* var. Florida. La caracterización de las briquetas empleadas para el cultivo del hongo se muestra en la tabla 1 y, los resultados fueron alentadores para la producción de proteínas de alto valor biológico y, según los autores, puede garantizar múltiples beneficios

económicos para la agroindustria del hongo ostra. El cultivo lo realizaron en 30 días, sobre las briquetas que tenían las características de 6 toneladas de fuerza con 80% de humedad donde obtuvieron la mayor productividad de 30.4%.

Tabla 1
Caracterización de briquetas usado como sustrato en el cultivo axénico del hongo ostra

Dimensiones		Materias primas	
Longitud	0.2 m	Bagazo de caña de azúcar	130.0 g
Ancho	0.1 m	Salvado de maíz	12.5 g
Espesor*	0.05-0.075 m	Salvado de trigo	12.5g
Área	0.02 m ²	Carbonato de calcio	5.0 g
Volumen*	0.001-0.0015 m ³	Masa estándar	180.0 g

*Variable en función de la presión aplicada por la briquetadora

Fuente:(Magalhães et al., 2018)

Investigadores de Japón, Malasia y Corea del Sur (Yamauchi et al., 2018), estudiaron al aserrín de bambú moso en comparación al aserrín de coníferas como sustrato base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*; el aserrín de bambú moso (BS) fue fermentado durante 2 meses y, mezclado con salvado de arroz (RB) o residuos del destilado del camote fermentado (shochu lees de batata SPSL) como nutriente adicional. Los 4 sustratos evaluados fueron:

- Sustrato 1: 46% aserrín conifera+50% salvado de arroz +4% mineral (Control)
- Sustrato 2: 46% de aserrín de bambu+50% salvado de arroz+ 4% mineral

- Sustrato 3: 46% aserrín de conífera+ 50 % residuo del destilado del camote fermentado + 4% mineral
- Sustrato 4: 46% aserrín de bambú + 50% residuo del destilado de camote fermentado + 4% mineral.

Y, según los resultados del cultivo del hongo comestible sobre los diferentes sustratos esterilizados en autoclave, señalaron que; el crecimiento total en los medios a base de bambú fueron entre 3 y 7 días más cortos que los medios convencionales (con el aserrín de coníferas). En la tabla 2 se puede observar que el sustrato de aserrín de bambú mezclados con salvado de arroz tuvo mejor rendimiento con 97.9 ± 3.9 g / botella seguido por el rendimiento del sustrato a base de aserrín de bambú mezclado con residuos del destilado del camote fermentado 94.2 ± 3.9 g / botella. Además, determinaron que la adición de residuos del destilado de camote fermentado al aserrín de bambú aumentó el contenido de proteína y disminuyó el contenido de carbohidratos de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* y, por ello plantearon que el cultivo de hongos ostra puede ser un método alternativo para reducir los desechos de bambúes y promovería un crecimiento sostenible en la industria agrícola.

Los residuos de la extracción de aceite de almendra fue estudiado como un nutriente complementario para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Pardo-Giménez et al., 2018), para lo cual utilizaron un sustrato comercial a base de paja de trigo con los siguientes tratamientos:

- Sustrato comercial sin suplemento (Control)

- Sustrato comercial + 8g/kg del suplemento comercial Promycel Pleuroto (Control)
- Sustrato comercial +5g/kg de harina de almendra desengrasada
- Sustrato comercial +10g/kg de harina de almendra desengrasada
- Sustrato comercial +15g/kg de harina de almendra desengrasada

Del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre los diferentes sustratos determinaron que; la suplementación a una dosis de 15 g kg⁻¹ con la harina de almendra desengrasada proporcionó una mejora en el rendimiento de hasta 31,8% en comparación con el control sin suplemento y, un rendimiento equivalente o mejor que los suplementos comerciales.

Tabla 2.

Promedio de las propiedades biológicas de las diferentes mediciones realizadas para los grupos de prueba

Grupo prueba	Diámetro máx. del píleo (mm)	Espesor máx. del píleo (mm)	Diámetro máx. del tallo (mm)	Cuerpos fructíferos N.º/botella	Rendimiento (fresco) g/botella
1 CS + RB	45.5±1.4	11.7±1.2 ^{ab}	14.2±1.0 ^b	30.8±7.0	90.3±6.8
2 BS + RB	44.1±0.8	9.1±1.2 ^a	10.4±2.5 ^a	33.6±4.2	97.9±3.9
3 CS + SPSL	48.4±4.1	13.6±2.1 ^{bc}	10.8±0.6 ^{ab}	29.4±4.0	91.5±7.4
4 BS + SPSL	49.1±4.4	16.0±1.6 ^c	45.5±1.4 ^{ab}	27.0±2.4	94.2±3.9

Diferencia significativa entre los valores con diferentes alfabetos en el nivel del 5% (prueba de Tukey). Los valores son medios ± desviación estándar.

Fuente: (Yamauchi et al., 2018)

Crecimiento y rendimiento de *Pleurotus ostreatus* sobre 4 diferentes sustratos fueron estudiados por (Girmay, Gorems, Birhanu, & Zewdie, 2016), los materiales utilizados fueron la semilla de algodón, desechos de papel, paja de trigo y aserrín. Los sustratos fueron esterilizados en autoclave, sembrados con

80 gr de semilla para 1 kg y, cultivados durante 45 días; obteniendo la mayor eficiencia biológica con la semilla de algodón (74.17 %) y la más baja con aserrín (9.73%) (Ver tabla 3).

Tabla 3.

Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivadas sobre diferentes sustratos

Sustratos	Sustrato peso seco (g)	Eficiencia biológica (%)
Semilla de algodón	425.70	74.17 ^a
Residuos de papel	689.10	34.22 ^b
Paja de trigo	573.70	35.88 ^b
Aserrín	810.90	9.73 ^c

Los valores promedio bajo la misma columna que llevan letras de superíndice diferentes son significativamente diferentes ($\alpha < 0.05$)

Fuente: (Girmay et al., 2016)

En Indonesia los racimos de frutas vacías de la palma aceitera (EFB) fueron estudiadas como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Marlina et al., 2015), los racimos fueron cortadas, secadas, triturada y, mezclada con salvado de trigo en diferentes proporciones como puede apreciarse en la tabla 4. Y según los resultados del estudio determinaron que, el sustrato de la variación 3, el cual contenía la mayor cantidad de EFB, fue mejor para el crecimiento del micelio y rendimiento en peso de las setas fructificadas.

Restos de papel fueron empleados como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* por (Fernandes et al., 2015). Los sustratos utilizados fueron: paja de avena (control), papel en blanco y, papel impreso y, al evaluar la composición química y nutricional de las setas obtenidas, los investigadores señalaron que todos fueron similares a la de las muestras de control (ver tabla 5).

Tabla 4.
Medios formulados para el cultivo

Componentes	Control (g)	Variación 1 (g)	Variación 2 (g)	Variación 3 (g)
EFB	-	750	848.22	937.5
Salvado de arroz	133.0	89.39	133.9	44.64
Carbonato de calcio	13.39	13.39	13.39	13.39
Fertilizante mineral (TSP)	4.47	4.47	4.47	4.47
Aserrín	848.22	-	-	-
Inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	1/10	1/10	1/10	1/10

Fuente: (Marlina et al., 2015)

Los residuos agrícolas: cáscara de papa, plátano y bagazo de caña fueron evaluados como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* por (Rivera et al., 2013), para lo cual cultivaron el hongo sobre los tratamientos señalados en la tabla 6; dichos sustratos fueron pasteurizados a 80°C por 1 hora y el tiempo de cultivo fue de 54 días, obteniendo como resultado de la producción de 99 g del tratamiento 1, 80,5 g del tratamiento 2 y, 5,8 g del tratamiento 3 como el más bajo, por ello los investigadores concluyen:

“Los tratamientos 1 y 2 presentaron mejor comportamiento de las variables productivas, pues tanto el bagazo de caña como la cáscara de plátano dentro de su composición bromatológica están constituidos por carbohidratos estructurales que favorecen al hongo” (Rivera, Martínez, & Morales, 2013).

Tabla 5.

Valor nutricional y aporte energético de *Pleurotus ostreatus* (media \pm DE).

	Control	Papel blanco	Papel impreso
Humedad (g/100g)	84.3 \pm 0.2 ^b	90.3 \pm 0.5 ^a	91.0 \pm 1.5 ^a
Grasa (g/100g)	1.53 \pm 0.25 ^a	1.18 \pm 0.01 ^a	1.68 \pm 0.49 ^a
Proteína (g/100g)	14.7 \pm 0.4 ^a	9.71 \pm 0.02 ^b	9.29 \pm 0.08 ^b
Ceniza (g/100g)	5.69 \pm 0.64 ^c	15.9 \pm 1.2 ^a	10.5 \pm 0.8 ^b
Carbohidratos	78.1 \pm 0.8 ^a	73.2 \pm 1.2 ^b	78.6 \pm 0.3 ^a
Valor energético (Kcal/100g)	385 \pm 4 ^a	342 \pm 5 ^c	367 \pm 6 ^b

Los resultados se expresan sobre una base de peso seco, excepto la humedad que se expresa como peso fresco.

En cada fila, letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Fuente: (Fernandes et al., 2015)

Tabla 6.

Tratamiento del diseño experimental

Tratamiento	Sustrato	Porcentaje
T1	Bagazo de caña panelera + salvado de maíz + cal agrícola	75%, 23% y 2%
T2	Bagazo de caña panelera + cáscara de plátano + cal agrícola + salvado de maíz	38%, 37%, 2% y 23%
T3	Bagazo de caña panelera + cáscara de papa + salvado de maíz + cal agrícola	38%, 37%, 23% y 2%
T4	Bagazo de caña panelera + cáscara de plátano + cáscara de papa + salvado de maíz + cal agrícola	37%, 19%, 19%, 23% y 2%

Fuente: (Rivera et al., 2013)

Se realizaron el cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre 5 diferentes sustratos en Nepal por (Sharma, Yadav, & Pokhrel, 2013), determinando y comparando el rendimiento, la eficiencia biológica y el contenido nutricional de los hongos producidos. Los sustratos estudiados fueron:

- Paja de arroz (control),
- Paja de arroz + paja de trigo (1:1),
- Paja de arroz + papel (1:1),
- Bagazo de caña de azúcar y,
- Aserrín de aliso.

Los sustratos fueron fragmentados en tamaño de 2 a 3 pulgadas de largo, con una humedad de 60 %, los cuatro últimos suplementados con 10 % de salvado de arroz, colocados en bolsas de polipropileno en la cantidad de 1 kg, esterilizadas en una autoclave por una hora y, después del enfriado inoculadas con 2,5% de semilla del hongo. Los resultados de la comparación del tiempo de colonización, tiempo de aparición de primordios y, tiempo de aparición de los cuerpos fructíferos sobre los diferentes sustratos se muestra en la tabla 7, donde se observa un menor tiempo sobre el sustrato control en comparación con los otros cuatro sustratos estudiados. Y, los resultados sobre rendimiento de la producción y contenido nutricional de los hongos lo resumen en la tabla 8 y 9 respectivamente, donde se observa que obtuvieron la mejor eficiencia biológica (95,46%) y mejor contenido proteico del cuerpo fructífero (25,97) con el sustrato control (paja de arroz). Y, según el análisis de sus resultados los investigadores concluyeron:

“Entre todos los aspectos, en la paja de arroz (control) se encontró como un mejor sustrato para la producción de setas en rendimiento (381,85 g) y EB (95,46%), seguido de paja de arroz más trigo, paja de arroz más desperdicios de papel. La composición nutricional también fue mejor de la seta cultivada en paja de arroz.”(Sharma et al., 2013).

Tabla 7.

Comparación del periodo de colonización, tiempo de aparición de primordios y tiempo de cosecha del hongo *P. ostreatus* sobre diferentes sustratos

Sustratos	Suplemento	Periodo en días de colonización	Días de Formación de primordios	Primeros días de cosecha
Paja de arroz	Control	22,40±1,10a	26,40±1,67a	32,40±1,67 ^a
Paja de arroz+ paja de trigo	Salvado de arroz	23,20±0,83b	28,40±1,51b	34,40±2,07 ^{ab}
Paja de arroz + papel	Salvado de arroz	24,00±0,70bc	29,60±0,54	35,40±1,14
Bagazo de caña de azúcar	Salvado de arroz	24,80±0,83cd	30,80±0,83bc	36,60±1,14 ^{bc}
Aserrín de aliso	Salvado de arroz	26,00±0,70d	31,60±1,14c	37,80±1,48 ^c

Las diferentes letras a lo largo de la columna indican diferencias significativas de la media (P=0,05) de acuerdo con la prueba de B Tukey (media ± SD, n=5).

Fuente: (Sharma et al., 2013)

Tabla 8.

Rendimiento, tamaño y eficiencia biológica de los hongos *P. ostreatus* sobre diferentes sustratos

Sustratos	Rendimiento Total (g)	Tamaño de la seta (cm)	Eficiencia Biológica (%)
Paja de arroz (control)	381,85±8,36 ^a	7,15±0,54	95,46±2,09 ^a
Paja de arroz+ paja de trigo	309,29±9,70 ^b	6,63±0,46	77,32±2,42 ^b
Paja de arroz + papel	298,59±6,88 ^b	6,70±0,28	74,89±1,71 ^b
Bagazo de caña de azúcar	268,17±17,45 ^c	6,47±0,40	67,04±4,36 ^c
Aserrín de aliso	247,87±26,14 ^c	6,51±0,45	61,96±6,55 ^c

Las diferentes letras a lo largo de la columna indican diferencias significativas de la media (P=0.05) de acuerdo con la prueba de B Tukey (media ± SD, n=5) Fuente: (Sharma et al., 2013).

Tabla 9.

Determinación de Ceniza total, Fibra, Proteína, Grasa, Carbohidrato y Energía de *P. ostreatus* cultivado sobre diferentes sustratos.

Sustratos	Ceniza Total (%)	Fibra (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidrato (%)	Energía (Kcal/100g)
Paja de arroz (control)	9,73	14	25,97	1,09	42,26	282,73
Paja de arroz+ paja de trigo	7,67	13	25,38	1,03	30,248	231,780
Paja de arroz + papel	10,34	12	24,72	1,03	32,650	263,010
Bagazo de caña de azúcar	7,75	12	22,89	1,08	41,577	267,588
Aserrín de aliso	8,50	14	23,87	1,50	38,74	263,9

Fuente: (Sharma et al., 2013)

En la Universidad Autónoma de Chiriquí de Panamá (Vega & Franco, 2013) realizaron el cultivo de tres hongos comestibles:

- *Pleurotus pulmonarius* RN2 y,
- Dos cepas nativas de Panamá *P. djamor* RN81 y RN82,

El cultivo lo realizaron sobre los siguientes sustratos:

- Paja de arroz (PA),
- Rastrojo de maíz (RM) y,
- Tuza de maíz (TM)

Los dos primeros fueron picados hasta un tamaño de partícula de 3 cm aproximadamente y, la tuza de maíz fue molida en un molino de cuchillas giratorias hasta un tamaño de partícula de 2 cm. Los sustratos fueron sumergidos en agua caliente a 85°C durante una hora, drenados toda la noche y la humedad que retuvo la paja de arroz fue de 73,4 %, rastrojo de maíz, 74,9 % y la tuza de maíz, 62,2 %. Colocaron 1 kg, en base húmeda, de sustrato en bolsas de polietileno de 2 kg, adicionaron 60 g de inóculo de las cepas de hongos crecidos sobre granos de sorgo (semilla), para un porcentaje de inoculación del 6% en peso, después de la siembra fueron colocadas en el cuarto de incubación a una temperatura de 24°C y en oscuridad, por 15 días, tiempo en el cual el micelio cubrió completamente el sustrato. Después del tiempo de incubación, las bolsas fueron trasladadas al área de cosecha, el cual fue un invernadero con un sistema de control ambiental, para regular la temperatura a 24 + 2°C, 80-95% de humedad y una leve luminosidad. Bajo estas condiciones, las bolsas se mantuvieron en producción durante 30 días, dentro de los cuales se realizaron

las cosechas. Los valores de Eficiencia biológica (EB) y tasa de productividad (TP), más alto fueron obtenidos para *P. pulmonarius* RN2 cultivado sobre paja de arroz, siendo de 75,65% y 1,44, respectivamente. Los valores de EB y TP más bajos, se obtuvieron para *P. djamor* RN82 cultivado sobre tuza de maíz (15,94% y 0,30, respectivamente). No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para el factor cepas. Las diferencias estadísticas significativas se obtuvieron cuando compararon la EB de las cepas crecidas en distintos sustratos. Para la cepa *P. pulmonarius* RN2, la eficiencia biológica en función del sustrato siguió el orden paja de arroz, rastrojo de maíz y, tuza de maíz.

En Quito Ecuador (Aguinaga, 2012), realizó un trabajo de investigación en el cual hicieron la comparación de 4 diferentes sustratos para cultivar el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, el objetivo de dicho trabajo era determinar la mejor alternativa de sustrato para dicho cultivo. Los cuatro sustratos, cortados en trozos de 5 a 10 cm de largo a excepción del aserrín, fueron: bagazo de caña, paja de trigo, aserrín y, mezcla forrajera. Los sustratos sin previa fermentación fueron pasteurizados a 91 °C por una hora, con una humedad promedio de 75% y un pH promedio de 8,5. Y, obtuvo los siguientes resultados: del bagazo de caña la eficiencia biológica de 40,5% con un diámetro promedio de carpóforos de 5,9 cm; del aserrín una eficiencia biológica de 23,8% con un diámetro promedio de los carpóforos de 3,5; de la paja de trigo una eficiencia biológica de 13,2% con un diámetro promedio de carpóforos de 2,9 y; finalmente de la mezcla forrajera una eficiencia biológica de 0,1% con un diámetro promedio de los carpóforos de 0,9 cm. Según estos resultados se nota claramente que el mejor sustrato para el

cultivo de *Pleurotus ostreatus* es el bagazo de caña y la menos recomendable la mezcla forrajera, aunque es bueno aclarar que el autor no señala las especies forrajeras.

La capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* sobre hoja de plátanos en comparación con paja de trigo, paja de cebada, pajilla de frijol y rastrojo de maíz, fue evaluada por (Romero et al., 2010). Los residuos agrícolas estudiados como sustratos no fueron fermentados, pero sí deshidratados y fragmentados de 1 a 3 cm; obteniendo como resultados una eficiencia biológica de 129,34 % a 82,91%:

“...La mayor eficiencia biológica (EB) se obtuvo en el sustrato paja de trigo, con $129,34 \pm 9,1\%$, la hoja de plátano deshidratada con $123,30 \pm 0,7\%$, y la pajilla de frijol obtuvo la EB más baja de $82,91 \pm 0,4\%$. Los resultados demostraron la factibilidad de cultivar la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones rústicas en la sierra norte del estado de Puebla, al aprovechar los residuos de la cosecha de plátano de las regiones aledañas del municipio.” (Romero et al., 2010)

Y, sobre la preparación del sustrato en la parte metodológica señalaron:

“...En el laboratorio, los materiales se fragmentaron mecánicamente en porciones de 1 a 3 cm de longitud y se deshidrataron en horno (50°C) hasta alcanzar peso constante.

...Para la siembra de la cepa, los sustratos fueron pasteurizados en agua caliente a $80^{\circ}\text{C}/1\text{h.}$, transcurrido el tiempo de pasteurización, los sustratos se transportaron al área de siembra para permitir su enfriamiento y el

escurrimiento del exceso de humedad alrededor de 30 minutos...”(Romero et al., 2010).

Aserrín y mazorca de maíz fueron utilizados como sustrato para determinar el rendimiento del *Pleurotus ostreatus* (Buah, Van der Puije, Bediako, Abole, & Showemino, 2010); las formulaciones de los sustratos fueron:

- 50% de aserrín + 50% de mazorca de maíz molido
- 60% de aserrín + 40% de mazorca de maíz molido
- 100% de Mazorca de maíz molido
- 100% de aserrín (control)
- 40% de aserrín + 60% de mazorca de maíz molido

Los sustratos fueron humedecidos por 24 horas, drenados, mezclados con 5% de cal (del peso seco) y, con una humedad promedio de 75%, fermentados durante 28 días; el compost obtenido lo mezclaron con 13,2 Kg de salvado de trigo y 0,1 g de cal viva y embolsaron 1 Kg en bolsas de polipropileno para esterilizarlo en la autoclave. Después del inóculo lo incubaron a 25°C hasta la invasión del micelio sobre el sustrato y, para el fructificado procedieron abrir las bolsas. Y, según los resultados del trabajo determinaron que; el sustrato a base de mazorca de maíz es el mejor por la rapidez de la invasión del micelio ($15,67 \pm 0,50$ días), por la rapidez en la aparición de los primordios ($21,35 \pm 1,70$ días) y segundo por el tiempo de aparición de los cuerpos fructíferos ($27,00 \pm 1,22$ días) después de lo obtenido en el sustrato aserrín ($26,41 \pm 1,86$ días); así como también mejor en cuanto a la eficiencia biológica con $91,21 \pm 6,01$ % frente a $85,69 \pm 5,28$ % para el aserrín, $79,19 \pm 5,01$ % para aserrín con mazorca de maíz

(50 + 50%), $77,20 \pm 5,20$ para el sustrato en la proporción (40+60%) y, la más baja con $68,40 \pm 4,61$ % para el sustrato en la proporción de (40+60%). De acuerdo a sus resultados los investigadores concluyeron:

“Se concluye que la mazorca de maíz utilizada como sustrato para el cultivo de hongos ostra rinde mejor en términos de crecimiento y rendimiento del hongo. Por lo tanto, la mazorca de maíz puede sustituir al aserrín, ya que está disponible a bajo precio durante todo el año, a diferencia del aserrín, donde la demanda se da entre los cultivadores de setas y los criadores de aves de corral.” (Buah et al., 2010)

En la Universidad Nacional de Colombia (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008) emplearon bagazo de caña de azúcar (residuo agroindustrial), tallo de maíz (residuo agrícola), aserrín utilizado en un establo (residuo pecuario) y sobras de café de consumo humano (residuos de una cafetería) como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*; evaluaron el efecto de los sustratos en forma individual y en mezclas para la producción de las setas. Los tallos de maíz y el bagazo de caña de azúcar fueron picados a una longitud de 6 a 8 cm y el cultivo lo realizaron en bolsas. Formularon 12 sustratos como tratamiento, los cuales se muestran en la tabla 10 y; según sus resultados determinaron que la mejor eficiencia biológica de $48,4 \% \pm 3,4$ se obtiene con el tratamiento 8, es decir, con el sustrato constituido con 25% de bagazo de caña de azúcar, 25% de tallo de maíz, 25% de aserrín y 25% de sobras de café de consumo humano (ver tabla 11), donde también se puede observar que las eficiencia biológica elevadas

se consiguen con los sustratos que contienen como parte de su composición las sobras de café de consumo humano, motivo por el cual como parte de sus conclusiones los investigadores señalaron:

“...Comparando los diferentes sustratos usados en este ensayo, se pudo observar que al mezclar el café con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz se obtuvieron los mejores resultados. En estos sustratos el número de días de incubación fue entre 7 y 16 días menor y el número de días para la aparición de primordios fue entre 11 y 54 días menor respecto de los demás sustratos. Se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 4,0 y el 48%, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 0,5 y 36%...”(Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008).

Residuos de cosecha de Jamaica y plátano, fueron utilizados para el cultivo de dos cepas de *Pleurotus*: *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* por (Cayetano-Catarino, Maricela y Bernabé-González, 2008). Los tallos de Jamaica fueron cortadas en segmentos de 4 a 7 cm de longitud, los residuos de plátano y paja de Arroz se cortaron en segmentos de 3 a 5 cm, con los cuales elaboraron los siguientes sustratos:

- Tallos de Jamaica seco (TJ),
- Tallos de Jamaica seco + paja de arroz en la proporción de 2:1 (TJA) y,
- Residuos del plátano en fresco (PPF).

Los dos primeros sustratos fueron fermentados durante 24 horas y el tercero por 14 días, pasteurizados a 80°C durante 1 hora, embolsados en polietileno e

inoculados con la semilla en una proporción del 5% (del peso húmedo del sustrato). Como resultado del cultivo, los investigadores concluyeron:

“La más alta productividad se obtuvo en el sustrato PPF con eficiencias biológicas (EB) de 96.4 y 99.8% y con rendimientos (R) de 14.9 y 15.4%. En los otros sustratos los parámetros fluctuaron entre 64.5 a 81.7% de EB, y de 20.0 a 22.3% de R.”(Cayetano-Catarino, Maricela y Bernabé-González, 2008)

Tabla 10.

Proporciones de los residuos usados como sustratos (tratamientos) y cantidad de semilla utilizada con base al 5% del peso seco total del sustrato.

Trato.	Sustrato	%en volumen	% en peso	Peso seco total (g)	Semilla (5%)
1	C	100	100	1360	68
2	A	100	100	776	38,8
3	S	100	100	280	14
4	M	100	100	280	14
5	C+A	75+25	84+16	1214	60,7
6	C+A	50+50	64+36	1068	53,4
7	C+A	25+75	37+63	922	46,1
8	C+A+M+S	25+25+25+25	50+30+10+10	674	33,7
9	C+M+S	50+25+25	82+9+9	820	41
10	A+M+S	50+25+25	74+13+13	528	26,4
11	C+A+M	25+25+50	50+29+21	674	33,7
12	C+A+S	25+25+50	50+29+21	674	33,7

El volumen dado es el porcentaje del volumen de cada residuo de un volumen total de 5 litros. C: Café A: Aserrín S: Bagazo de caña de azúcar M: Tallo de maíz Fuente: (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008).

Tabla 11.

Eficiencia Biológica (%) de *Pleurotus ostreatus* para 12 tratamientos (Cosecha 1, 2 y Total)

Trato.	Sustrat.	% en vol.	Cosecha 1	Cosecha 2	Total
1	C	100	16,0a(1,7)*a	11,7(1,0)*a ,d	27,7a(2,7)a,c
2	A	100	4,8(5,6)b	0,0(0,0)b	4,8(5,6)b
3	S	100	16,8(4,9)a,c	4,0(2,8)bc	20,8(3,7)c
4	M	100	0,5(1,1)b	0,0(0,0)b	0,5(1,1)b
5	C+A	75+25	20,2(3,4)a,d	13,4(1,9)a, d	33,7(1,1)a,d
6	C+A	50+50	24,6(4,2)a,e	11,2(1,9)a, d	35,8(3,8)a,e
7	C+A	25+75	22,5(2,9)a,f	9,58(1,1)c, d	32,0(3,4)a,f
8	C+A+M +S	25+25+25+2 5	34,1(3,1)e	14,4(3,9)a, d	48,4(3,4)g
9	C+M+S	50+25+25	28,0(5,0)d,e,f	17,0(3,7)a	45,0(4,8)e,g
10	A+M+S	50+25+25	16,3(3,0)a,g	12,9(3,0)a, d	29,1(5,5)a,c,h
11	C+A+M	25+25+50	25,5(4,3)c,d,e ,f,g	13,8(3,7)a, d	39,3(7,3)d,e,f, g,h
12	C+A+S	25+25+50	26,8(4,2)d,e,f	14,1(2,2)a, d	40,8(4,6)d,e,f, g

a: Medias, *(Desviación estándar). (a-h) Medias con diferente letra dentro de una misma columna son significativamente diferentes (P<0,05). C: café, A: aserrín, S: bagazo de caña de azúcar, M: tallo de maíz.

Fuente: (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008)

En la India (Das & Mukherjee, 2007), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre 7 diferentes especies de malezas como sustrato, para lo cual las

malezas fueron secadas al ambiente, cortadas entre 1 a 2 cm de longitud, humedecidos hasta un 85% y sin ningún tratamiento térmico. Las siete especies de malezas fueron:

- *Leonotis sp.* (Lamiaceae),
- *Sida acuta* (Malvaceae),
- *Parthenium argentatum* (Asteraceae),
- *Ageratum conyzoides* (Asteraceae),
- *Cassia sophera* (Caesalpiniaceae),
- *Tephrosia purpurea* (Papilionaceae) y
- *Lantana camara* (Verbenaceae).

Los sustratos consistieron en maleza sola y mezclado con paja de trigo. Y, los resultados de la productividad del hongo por sustrato, les permitieron llegar a la conclusión siguiente:

“Las malezas selectivas pueden usarse con éxito como sustratos para el cultivo de hongos ostra. Las malezas no solo se han demostrado como el sustrato alternativo para el cultivo de hongos ostra, sino que también pueden aumentar significativamente el contenido de proteínas y reducir el tiempo de producción. La suplementación del sustrato de malezas con paja de arroz aumenta la eficiencia biológica acumulada de los hongos, estimulando principalmente la producción en la segunda cosecha. En la presente investigación *Leonotis sp.* ha sido identificado como el mejor sustrato para el cultivo de hongos ostra con respecto a la eficiencia biológica y el tiempo de fructificación. Por lo tanto, el cultivo de hongos

otra resulta ser un método altamente eficiente para desechar plantas de malezas y producir alimentos ricos en proteínas.” (Das & Mukherjee, 2007)

En Pakistán (Shah, Ashraf, & Ishtiaq Ch., 2004), realizaron el cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre 6 diferentes sustratos; los cuales fueron fermentados durante 5 días en bolsas de polipropileno a una humedad del 65%, autoclavados por 45 minutos, inoculadas con una cepa al 5% del peso seco del sustrato, incubadas en total oscuridad a 25 °C para el crecimiento del micelio y 17,5 °C para la fase de fructificación. Los sustratos preparados fueron:

- T1= Aserrín 50% + 50% paja de trigo
- T2= Aserrín 75% + 25% hojas.
- T3= Aserrín 100%
- T4= Paja de trigo 50% + 50% hojas
- T5= Paja de trigo 100 %
- T6= Hojas 100%

Como resultado del cultivo, en cuanto a eficiencia biológica determinaron que; el mejor sustrato fue del tratamiento 3 con 64,69%, seguido de T2 con 62,09%, T4 con 57,85%, T5 con 44,72%, T1 con 43,59% y T6 con la eficiencia biológica más baja que fue 21,05%. Según los resultados del experimento se puede notar que el mejor sustrato fue el aserrín y segundo la mezcla de 75% de aserrín con 25% de hojas.

b) Relación C/N del sustrato y el cultivo de *Pleurotus ostreatus*: Los trabajos de investigación que consideraron la relación C/N del sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* se citan a continuación:

El rendimiento, contenido nutricional y, la actividad antioxidante del *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre mazorca de maíz, suplementado con los residuos de hierbas medicinales de una fábrica farmacéutica de China, fueron estudiados por (Jin, Li, Ren, & Qin, 2018). El objetivo principal del trabajo fue evaluar la influencia de los residuos de las hierbas medicinales en el rendimiento, contenido nutricional y, la actividad antioxidante de la seta, pero en el estudio también determinaron la relación C/N del sustrato y señalaron la influencia del mismo sobre la eficiencia biológica. Los residuos de las hierbas medicinales fueron:

- Residuos de inyección de Kushen (CKI)
- Parte 1 de los residuos de la cápsula Qizhitongluo (QC1) y,
- Parte 2 de los residuos de la cápsula Qizhitongluo (QC2)

Los sustratos formulados fueron con 50%de mazorca de maíz (CC) + 30% de las hierbas medicinales (CKI, QC1 o QC2) + 16% de salvado de mijo + 4% de carbonato de calcio y, como control usaron el sustrato a base de 80% de mazorca de maíz (CC) + 16% de salvado de mijo + 16% de carbonato de calcio. Según sus resultados obtenidos, los investigadores señalaron que hubo un mayor rendimiento con los sustratos CC+ 30% de QC2 y luego con CC + 30 % de CKI y, **al relacionar la eficiencia biológica del sustrato en función de la relación C/N se observa que; la mayor eficiencia biológica obtenida de 97,80% resultó con el sustrato de relación C/N=36,85 y el segundo en**

eficiencia biológica (93,16%) resultó con el sustrato de relación C/N=42,68, sin embargo, la tendencia a bajar la eficiencia biológica en función del incremento de la relación C/N no se observa con los otros sustratos estudiados, ya que el tercer sustrato con eficiencia biológica de 85,58 % le corresponde una relación C/N de 53 y, el último sustrato con eficiencia biológica de 84,44% le corresponde una relación C/N de 48,43 % el cual es menor que el sustrato anterior, sin embargo, en términos generales los investigadores señalaron que; la producción del hongo es baja debido a que la relación C/N del sustrato es elevada (Ver tabla 12).

Tabla 12.

Relación C/N y Eficiencia Biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos a base de mazorca de maíz (CC) suplementado con 30% de residuos de hierbas medicinales (CKI, QC1 o QC2).

Parámetros de cultivo	CC (Control)	CC+ 30% CKI	CC + 30% QC1	CC + 30% QC2
C/N	53,42± 1,70	42,68±1,13	48,43±0,72	36,85±1,06
Eficiencia Biológica (%)	85,58±3,04	93,16±4,49	84,44±2,12	97,80±7,19

Fuente:(Jin et al., 2018)

Un estudio donde el objetivo principal era ver la influencia de la relación C/N del sustrato sobre la productividad y contenido proteico de *Pleurotus ostreatus* fue realizada por (Ruilova, Hernández, & Niño, 2017), para lo cual utilizaron seis diferentes sustratos (ver tabla 13) y señalaron:

“Se encontró que mediante el uso de 15% de cáscara de arroz, 40% rastrojo de lentejas, 40% de bagazo de caña de azúcar, suplementado con 3% de harina de soya y 2% de carbonato de calcio, que se tradujo 1% del N y la relación C/N de 47,99 dio los mejores resultados para las variables: tiempo de la primera cosecha (25-28 días), periodo de cosecha (60-75 días), el peso de hongo fresco (869,29 g), la eficiencia biológica (177,37%), contenido de proteínas(31,13%) y la tasa de producción (2,64/día)”. (Ruilova et al., 2017)

Tabla N°13.

Mezclas diseñadas para el crecimiento del hongo *P. ostreatus*

Mezcla	Composición de la mezcla de residuos (%)								Indicador de Normalización		
	CS	RH	BS	RL	WS	BS	FS	CC	C (%)	N (%)	C/N
M1	40	20	0	0	38	0	0	2	52,22	0,5	104,63
M2	0	0	0	30	40	28	0	2	50,75	0,7	72,40
M3	30	20	0	48	0	0	0	2	50,72	0,9	57,81
M4	0	15	0	40	0	40	3	2	47,95	1,0	47,99
M5	0	16	38	0	0	40	4	2	46,46	1,2	38,72
M6	0	17	0	53	22	0	6	2	46,49	1,4	33,21

CS (rastrojo de maíz), RH (cascarilla de arroz), BS (paja de cebada), RL (rastrojo de lenteja), WS (paja de trigo), BS (bagazo de caña de azúcar), FS (harina de soya), CC (carbonato de calcio), C (carbono), N (nitrógeno).

Fuente: (Ruilova et al., 2017)

Y, los resultados de la influencia de los diferentes sustratos en la producción y contenido proteico del hongo *Pleurotus ostreatus*, se muestra en la tabla 14.

Tabla 14.

Tiempo en días para la primera cosecha, periodo de cosecha, valores medios del peso del hongo fresco, eficiencia biológica, contenido de proteínas y tasa de producción por mezcla

Mezcla	Humedad	Primera cosecha (días)	Periodo de cosecha (días)	Peso del hongo fresco (g)	Eficiencia Biológica (%)	Proteínas (%)	Tasa de Producción (día ⁻¹)
M1	76.14	34-37	64-77	713,78b (13,41)	149,79b (9,12)	16,51c (0,68)	2,14c (0,046)
M2	74.59	33-36	64-77	768,96b (32,58)	151,31b (6,41)	17,26c (1,70)	2,16c (0,042)
M3	75.37	30-33	62-77	858,57a (26,78)	174,96a (4,22)	25,25b (2,06)	2,50ab (0,06)
M4	75.46	25-28	60-75	869,29a (5,06)	177,37a (2,45)	31,13a (1,32)	2,64a (0,031)
M5	75.39	31-33	62-76	855,35a (18,09)	173, 74a (3,46)	31, 26a (2,37)	2,52ab (0,051)
M6	74.48	32-34	62-77	851,17a (30,45)	165,22ab (8,28)	29,23ab (3,55)	2,36b (0,12)

*Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).
 Los valores entre () se refiere a la desviación estándar.
 Fuente: (Ruilova et al., 2017)

Para observar el comportamiento de la eficiencia biológica en función de la relación C/N, se elabora la tabla 15 según los resultados de éste trabajo, donde se puede notar que a medida que; **la relación C/N del sustrato se incrementa entre 33,21 a 47,99, la eficiencia biológica también se incrementa, pero superiores a 47,99 de C/N, la eficiencia biológica disminuye; además los**

investigadores señalaron que; se puede notar que las eficiencias biológicas obtenidas de los sustratos de relación C/N entre 33,21-57,81 no tienen diferencias significativas para ($p < 0,05$), es decir, según éste último, una buena producción del hongo *Pleurotus ostreatus* se puede lograr considerando dicho rango de la relación C/N del sustrato.

Tabla 15.

Comportamiento de la eficiencia biológica en el hongo con respecto a la relación carbono nitrógeno en la mezcla de sustrato.

Sustrato	C/N	Eficiencia Biológica (%)
M1	104.63	149.79b (9.12)
M2	72.40	151.31b (6.41)
M3	57.81	174.96a (4.22)
M4	47.99	177.37a (2.45)
M5	38.72	173.74a (3.46)
M6	33.21	165.22ab (8.28)

Fuente: (Ruilova et al., 2017)

Los efectos de diferentes sustratos sobre el crecimiento, rendimiento y composición nutricional fueron evaluados para las setas *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus* por (Hoa, Wang, & Wang, 2015). En este trabajo, formularon 7 diferentes sustratos en base a los materiales lignocelulósicos del bagazo de caña (SB), mazorca de maíz (CC) y, aserrín de la madera acacia (SD), fragmentados a una longitud de 1,5 cm de longitud; los cuales fueron caracterizados de acuerdo a sus propiedades químicas (ver tabla 16).

Tabla 16

Propiedades químicas de las fórmulas de sustrato experimental

Fórmula del sustrato			C (%)	N (%)	Relación C/N	pH (1:10)
100	%	SD	44,12	0,86e	51,71a	6,93 a
(Control)						
100% SB			55,00a	1,20a	45,83c	6,70e
50%SD+50%SB			49,00b	1,05bc	46,67bc	6,83c
80%SD+20%SB			46,25c	0,95cd	48,68b	6,88ab
e						
100%CC			39,98e	1,16ab	34,57e	6,75d
50%SD+50%CC			42,55d	1,00cd	42,55d	6,84bc
80%SD+20%CC			43,00d	0,88de	49,05b	6,91a

Medias en la misma columna seguida de las mismas letras no son significativamente diferentes a $P \leq 0,05$ según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

SD: aserrín, SB: bagazo de caña, CC: mazorca de maíz.

Fuente: (Hoa et al., 2015)

El principal objetivo del trabajo era determinar la influencia de los diferentes sustratos sobre el rendimiento y eficiencia biológica de los hongos *ostra Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus* tal como se presenta en la tabla 17, sin embargo, los investigadores determinaron también la relación C/N de los sustrato y señalaron que; la relación C/N de los sustratos formulados tienen una estrecha relación con el periodo de colonización, el peso del carpóforo, el rendimiento, la eficiencia biológica y el contenido de proteínas del hongo y; para observar con mayor claridad el comportamiento de la producción del hongo, específicamente la eficiencia biológica en función de la relación C/N del sustrato, se elaboró la tabla 18, donde se ordena en forma ascendente la relación C/N de

los sustratos y su respectiva eficiencia biológica. En la tabla 18 se puede observar que el comportamiento de la eficiencia biológica en función de la relación C/N es: **a una relación C/N de 34,57 (el valor más bajo de los sustratos estudiados) se obtiene la mayor eficiencia biológica para las dos setas ostras cultivadas y, si excluimos la eficiencia biológica del sustrato constituida por 50% de aserrín (SD) y 50% de mazorca de maíz (CC) de relación C/N 42,55, se puede notar claramente que, conforme se incrementa la relación C/N del sustrato de 34,57 a 51,71, hay una tendencia a la disminución de la eficiencia biológica de 66,08% a 46,44% para *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus*, es decir, una relación C/N del sustrato superiores a 34,57 resulta una disminución de la eficiencia biológica para ambas setas cultivadas.**

Desechos lignocelulósicos de cáscara de la semilla de algodón (CSH), cáscara de nuez (WS) y, principalmente el aserrín de roble (OS), fueron utilizados para el cultivo y evaluación de la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* por (Sözbir, Bektaş, & Zülkadir, 2015); dichos residuos fueron empleados como sustratos, solos y mezclados en diferentes proporciones, esterilizados al autoclave a 121°C por 90 minutos y, después del esterilizado determinaron la humedad, pH, % de proteínas, %C, %N y relación C/N, tal como se muestra en la tabla 19 y, el rendimiento y eficiencia biológica según el sustrato se puede observar en la tabla 20. Los resultados de la productividad de la seta *Pleurotus ostreatus* fue analizada por los investigadores principalmente en función del tipo de sustrato pero no fue relacionado con la variable relación C/N del sustrato a pesar de que lo determinaron, sin embargo, observando ambas variables se

puede notar que; el sustrato que presentó la mejor eficiencia biológica con 36,87% le corresponde una relación C/N de 22,06 y, el segundo en EB fue de 25,46% y le corresponde al sustrato de relación C/N 19,37; los demás sustratos con relación C/N entre 25,54 a 36,78 presentaron como EB entre 11,91 a 2,5, es decir, hay una tendencia a disminuir la eficiencia biológica.

Tabla 17.

Efecto de diferentes fórmulas de sustrato sobre el rendimiento de los hongos ostra *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus*

Fórmula del sustrato	Rendimiento Total (g/bolsa)	Eficiencia Biológica (%)
<i>Pleurotus ostreatus</i>		
100 % SD (Control)	232,54d	46,44e
100% SB	257,70b	65,65 a
50%SD+50%SB	250,51c	58,94b
80%SD+20%SB	235,43d	52,32c
100%CC	270,60a	66,08 a
50%SD+50%CC	258,82b	58,82b
80%SD+20%CC	233,22d	48,59 b
<i>Pleurotus cystidiosus</i>		
100 % SD (Control)	181,59d	36,27e
100% SB	196,56a	49,54 a
50%SD+50%SB	187,45cd	44,11b
80%SD+20%SB	185,34cd	41,19c
100%CC	201,14a	50,14 a
50%SD+50%CC	191,72bc	43,57b
80%SD+20%CC	1845cd	38,44d

Medias en la misma columna seguida de las mismas letras no son significativamente diferentes a $P \leq 0,05$ según la prueba de rangos múltiples de Duncan. SD: aserrín, SB: bagazo de caña, CC: mazorca de maíz.

Fuente: (Hoa et al., 2015)

Tabla 18.

Comportamiento de la Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus* en función de la relación C/N de los diferentes sustratos

Fórmula del sustrato	Relación C/N	EB (%) <i>Pleurotus ostreatus</i>	EB (%) <i>Pleurotus cystidiosus</i>
100 % CC	34,57e	66,08 ^a	50, 14a
50%SD+50%CC	42,55d	58,82b	43,57b
100 SB	45,83c	65, 65 ^a	49, 54a
50%SD+50%SB	46,67bc	58,94b	44,11b
80%SD+20%SB	48,68b	52,32c	41,19c
80%SD+20%CC	49,05b	48,59d	38,44d
100%SD	51, 71a	46,44e	36,27e

Fuente: (Hoa et al., 2015)

En Colombia (Sánchez Vélez, 2013) realizó una investigación sobre la productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre un residuo agroindustrial y residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente. El objetivo del trabajo era determinar la fórmula óptima para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, bajo condiciones controladas usando como sustratos: hoja de bambú (*Bambú spp.*), hoja de palma del viajero (*Ravenala madagascariensis*), hoja de palma livistona (*Livistona chinensis*) y, un residuo agroindustrial la estopa de coco (*Cocos nucifera*). Los residuos de poda fueron cortadas en cuadros de 1 a 2 cm, secados a temperatura ambiente durante un día con bastante radiación solar (aproximadamente a 28 °C) y, el residuo estopa de coco deshilachados.

Con estos materiales formuló 4 tipos de sustratos a los cuales determinó su respectiva relación C/N

Tabla 19.

Humedad promedio y algunas propiedades de los sustratos preparados a base de aserrín de roble (OS), cáscara de la semilla de algodón (CSH) y cáscara de nuez (WS) solos y sus mezclas con OS en varias proporciones

Sustratos	Humedad %	pH	Proteína %	%C	%N	C/N
OS	64,86	7,75	4,99	41,86	1,14	36,78
CSH	65,82	7,1	9,11	40,22	2,08	19,37
75OS:25CSH	65,10	6,42	6,00	41,45	1,37	30,21
50OS:50CSH	65,34	6,33	7,05	41,04	1,61	25,54
25OS:75CSH	65,58	7,41	8,06	40,63	1,84	22,06
WS	50,10	6,21	6,44	43,17	1,47	29,37
75OS:25WS	61,17	7,24	5,34	42,19	1,22	34,55
50OS:50WS	57,48	6,73	5,69	42,52	1,30	32,60
25OS:75WS	53,79	6,69	6,09	42,84	1,39	30,89

Fuente: (Sözbir et al., 2015)

- F₁: 40% estopa de coco+ 25% hoja de palma del viajero+ 35% hoja de palma livistona; con una relación C/N= 81,21.
- F₂: 50% estopa de coco+ 22% hoja de palma del viajero+ 28% hoja de palma livistona; con una relación C/N= 78,45.
- F₃: 32% estopa de coco+ 45% hoja de palma del viajero+ 23% hoja de bambú; con una relación C/N= 80,60.

- F₄: 70% hoja de palma del viajero+ 25% hoja de palma livistona+ 5% hoja de bambú; con una relación C/N= 69,21.

Tabla 20.

Rendimiento y Eficiencia biológica (EB) de los sustratos preparados de aserrín de roble (OS), cáscara de la semilla de algodón (CSH) y cáscara de nuez (WS) solos y sus mezclas con OS en diferentes proporciones.

Sustratos	Rendimiento (g/kg de sustrato)	EB (%)
OS	41, 45a**	11,80ab ^{ns}
CSH	87,03b	25,46bc
75OS:25CSH	32, 10a	11,65ab
50OS:50CSH	34, 14a	11,91ab
25OS:75CSH	113,16b	36,87c
WS	40, 77a	7, 73a
75OS:25WS	28, 67a	6, 14a
50OS:50WS	16, 92a	4, 40a
25OS:75WS	13,41	2, 5a

** Significativo al nivel de 001, ns: no significativo en el nivel ANOVA y, valores con letras diferentes son no significativos de acuerdo a la prueba de separación de Duncan.

Fuente: (Sözbir et al., 2015)

Los sustratos fueron pasteurizados por inmersión a una temperatura de 80 °C por 90 minutos. Y, en relación a la producción de la seta sobre los diferentes sustratos, el autor como parte de sus conclusiones señala:

“Se observa que la formulación 3 compuesta por estopa de coco 320g, palma del viajero 450g y, bambú 250gr fue la que presentó las mayores

resultados en cuanto a la tasa de productividad y eficiencia biológica, por lo que se puede decir que esto fue la formulación óptima para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* usando los sustratos y formulaciones propuestas” (Sánchez Vélez, 2013)

La eficiencia biológica obtenida con la formulación 3 (F₃) fue de 11,9%, seguido de la formulación 1 (F₁) con 8,04%, luego con la formulación 4 (F₄) con 7,108 y, la más baja fue con la formulación 2 (F₂) con una eficiencia biológica de 2,953%. Si bien es cierto que; en el análisis del trabajo, el investigador no relaciona la eficiencia biológica con la relación C/N de los sustratos estudiados, sin embargo, por los resultados obtenidos podemos notar que las formulaciones F₃ y F₁ con mayor eficiencia biológica presentaron una relación C/N de 80,60 y 81,21 respectivamente, mientras que las formulaciones F₄ y F₂ con una menor eficiencia biológica presentaron una relación C/N de 67,5 y 78,45 respectivamente; **es decir, a mayor relación C/N mayor eficiencia biológica.**

Residuos forestales lignocelulósicos como paja de trigo, astillas de eucalipto y astillas de álamo fueron utilizados para la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Varnero et al., 2010); para lo cual prepararon 4 diferentes sustratos:

- 1 kg de paja de trigo
- 1 kg de astillas de eucalipto
- 150 gr de paja de trigo + 850 gr de astillas de eucalipto, y
- 1 kg de astillas de álamo

Los sustratos fueron cortados a 2 cm de longitud aproximadamente, sumergidos en agua a 70°C por 60 minutos, e inoculados con 5% (del peso húmedo del

sustrato) de semilla en granos de trigo. Midieron variables químicas de humedad, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y la relación C/N de los sustratos antes del cultivo de la seta (ver tabla 21) y, después del cultivo (ver tabla 22), así como también determinaron la eficiencia biológica y contenido proteico del hongo (ver tabla 23). Y, de acuerdo a éstos resultado, los investigadores concluyen:

“La producción o cultivo de *P. ostreatus*, sobre residuos lignocelulósicos es factible, constituyendo un proceso de bioconversión eficiente, el que se ve reflejado en el alto nivel proteico de las setas obtenidas en todos los tratamientos, y además, en la calidad de todos los sustratos utilizados para el cultivo, los cuales presentaron una disminución de la relación C/N una vez concluido el ensayo. Estos materiales orgánicos podrían utilizarse como sustrato en producciones posteriores de *P. ostreatus*, incorporarse al suelo como acondicionador y/o mejorador de las propiedades físicas.”(Varnero et al., 2010)

Los investigadores no analizaron la influencia de la relación C/N sobre la productividad del hongo, sin embargo se nota que emplearon sustratos de elevada relación C/N y, la eficiencia biológica disminuye a razón del aumento de dicha variable, es decir, de acuerdo a la tabla 21 y 23, se observa que la mayor eficiencia biológica de 32,94 % se obtiene con el sustrato de relación C/N de 147, el segundo en eficiencia biológica con 14,93% con el sustrato de 545 de relación C/N, el tercero de 4,23 % con el sustrato de relación C/N de 1009 y, finalmente una eficiencia biológica de 2,97 con el sustrato de relación C/N de 1277.

Tabla 21.

VARIABLES QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS EN PRE COSECHA UTILIZADOS EN EL ENSAYO (valores promedios en base masa seca). Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un $P=0,05$. * indica diferencias estadísticamente significativas entre precosecha y post cosecha con un $P=0,05$.

Sustratos	N_T (g/kg)	P_T (g/kg)	K_T (g/kg)	MO (g/kg)	C/N	pH
Paja de Trigo	3, 4a*	0, 11a	1, 82a*	920b*	147d*	4,4b
Eucalipto	0,60c*	0,02c*	0,15d*	994a	1009b*	3,7c*
Paja-Eucalipto	1,06b*	0,03b	0,40b*	983bc	545c*	3,8c
Álamo	0,46c*	0,01d	0,29c*	986b	1277a*	5, 5a*

Fuente: (Varnero et al., 2010)

Tabla 22.

VARIABLES QUÍMICAS DE LOS SUSTRATOS EN POST COSECHA UTILIZADOS EN EL ENSAYO (valores promedios en base masa seca). Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un $P=0,05$. * indica diferencias estadísticamente significativas entre precosecha y post cosecha con un $P=0,05$.

Sustratos	N_T (g/kg)	P_T (g/kg)	K_T (g/kg)	MO (g/kg)	C/N	pH
Paja de Trigo	6, 86a*	0, 13a	0, 96a*	893c*	77d*	5, 3a
Eucalipto	0,84c*	0,01c*	0,03c*	991a	692ab*	3,5d*
Paja-Eucalipto	1,68b*	0,03b	0,06bc*	922abc	25c*	4,0bc
Álamo	0,84c*	0,02c	0,07b*	985ab	751a*	5,1ab*

Fuente: (Varnero et al., 2010)

Tabla 23.

Variable de rendimiento de *P. ostreatus*. Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un $P=0,05$

Sustratos	Peso fresco/unitario (g)	Peso fresco/racimo (g)	EB (%)	Proteína total (peso seco) (%)
Paja de Trigo	18, 1a	55, 1a	32, 94a	25, 6a
Eucalipto	4, 2a	8.6bc	4,23c	25, 4a
Paja-Eucalipto	9, 8a*	22b	14,93b	24, 4a
Álamo	8, 7a	15,3bc	2,97c	22, 9a

Fuente: (Varnero et al., 2010)

En España (Gea, Martínez-carrasco, & Navarro, 2009) realizaron un estudio sobre el efecto de la suplementación del sustrato sobre la cosecha de *Pleurotus ostreatus* de la variedad comercial Fungisem K-6, aplicando un inóculo del 2% y; 1% de los suplementos estudiados del peso fresco del sustrato. Los 2 suplementos estudiados fueron:

- Suplemento A; el cual contenía proteínas seleccionadas y tratadas, aminoácidos específicos y enzimas celulíticas.
- Suplemento C; elaborado a base de harina de soja desnaturalizada y otras fuentes de proteína orgánica

Utilizaron tres sustratos diferentes para el cultivo del *Pleurotus ostreatus*; uno con el suplemento A, el segundo con el suplemento C y el tercero sin suplemento (control). Es importante aclarar que estos sustratos fueron fermentados aeróbicamente, pero, los autores no señalan los componentes del mismo, sin

embargo, determinaron las características en la tabla 24. El cultivo fue realizado en un invernadero equipado con sistemas de humidificación, calefacción/refrigeración y recirculación/ventilación exterior, con control automático de la temperatura, la humedad relativa y de la concentración de dióxido de carbono. El ciclo del cultivo tuvo una duración de 80 días, con una humedad relativa en el interior del local que osciló entre el 80 y 95% y una temperatura ambiente entre 18 y 23 °C. Y como resultado de la eficiencia biológica de la producción de las setas comestibles lo reportaron según la tabla 25. De los resultados, los investigadores concluyen que; la suplementación tiene un efecto positivo en la producción del *Pleurotus ostreatus*, ya que supone un aumento considerable de la eficiencia biológica de los sustratos. Sin embargo no hacen el análisis de la influencia de la relación C/N del sustrato en la producción de las setas comestibles a pesar de haber hallado los valores, pero se puede observar que; **el sustrato control con menor eficiencia biológica contenía la más alta relación C/N (79,3) frente al sustrato con el suplemento A y C que contenían C/N de 52,3 y 41,9 respectivamente.**

Cinco cepas de *Pleurotus pulmonarius* fueron cultivadas sobre dos sustratos: i) paja de cebada fermentada durante 7 días (PCF) y, ii) paja de cebada sin fermentar (PC). Y, obtuvieron como resultados una eficiencia biológica promedio de 55.73% y una tasa de producción de 0.64% en el sustrato paja de cebada fermentada (PCF) y, 71.25% y 0.92% en el sustrato paja de cebada sin fermentar (PC) (Gaitán-Hernández, Salmones, Pérez-Merlo, & Mata, 2009). La relación C/N del sustrato paja de cebada sin fermentar fue de 76 y la fermentada fue de 47; por tal motivo **señalaron que la baja relación C/N del sustrato paja**

de cebada fermentada tuvo como resultado la menor eficiencia biológica y tasa de producción, mientras que en el sustrato paja de cebada sin fermentar con un alto valor de C/N resultó con mayor eficiencia biológica y tasa de producción. Por ello, los investigadores proponen un periodo más corto de fermentación, lo que permitiría una disponibilidad óptima de nutrientes favorables para el desarrollo de *P. pulmonarius*.

Tabla 24.

Características químicas y biológicas de los sustratos de *Pleurotus* utilizados

	Control	Suplemento A	Suplemento C
pH (1:5, p/v	7,95	7,96	7,37
Humedad (%)	75,4	74,7	74,1
Nitrógeno Total (% s.m.s)	0,68	1,02	1,28
Cenizas (% s.m.s)	7,03	7,97	7,45
Materia orgánica (%, s.m.s.)	92,97	92,03	92,55
C/N	79,3	52,3	41,9
Nematodos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Ácaros	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Trichoderma spp.</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: (Gea et al., 2009)

Tabla 25.

Eficiencia biológica (valor medio \pm desviación estándar) de los sustratos ensayados.

Sustrato	n	Eficiencia Biológica (%)
Suplemento A	40	77,10 \pm 13,81 c
Control	40	58,04 \pm 8,41 a
Suplemento C	40	70,58 \pm 9,10 b
Total	120	68,58 \pm 13,27

P=0,0000

Letras distintas indican diferencias significativas entre los lotes ($p \leq 0,05$).

Fuente: (Gea et al., 2009)

En la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca (Forero et al., 2008), realizaron el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en bolsas de polipropileno sobre 300 gr de diferentes sustratos con humedad de 60 %, autoclavados, con inóculo del 5% del peso húmedo del sustrato. Los siete sustratos formulados fueron:

- SA: Residuo de ají (provenientes de la extracción de oleo resinas mediante un sistema de soxhlet)
- SB: 73% de residuo de ají + 20 % de cascarilla de arroz + 5% de salvado de trigo + 2 % de sulfato de calcio.
- SC: 53% de residuo de ají + 40 % de cascarilla de arroz + 5% de salvado de trigo + 2 % de sulfato de calcio.
- SD (control): 93% de pasto de corte King grass + 5% de salvado de trigo + 2 % de sulfato de calcio.

- SF: 73% de residuo de ají + 20 % de pasto de corte King grass + 5% de salvado de trigo + 2 % de sulfato de calcio.
- SG: 53% de residuo de ají + 40 % de pasto de corte King grass + 5% de salvado de trigo + 2 % de sulfato de calcio.
- SH: 33% de residuo de ají + 60 % de pasto de corte King grass + 5% de salvado de trigo + 2 % de sulfato de calcio.

Los resultados obtenidos fue que; en los tres primeros sustratos no tuvieron éxito en el fructificado del hongo y en los cuatro últimos sustratos reportaron fructificación del hongo y por tanto determinaron sus respectivas eficiencias biológicas, rendimiento y, tasa de producción:

“Se pudo determinar que el sustrato control SD fue mejor en cuanto a eficiencia biológica (45,45%), rendimiento (5,48%) y tasa de producción (0,99) con relación a los sustratos que contenían residuos de ají; entre los sustratos que contenían residuos de ají, el mejor resultado se obtuvo con SG, el cual mostró valores de EB=38,34%, R= 4,35% y TP=0,57, seguido por SF con EB=36,70%, R=3,61% y, TP=0,55 y, por último SH con EB=31,71%, R=3,0% y, TP=0,55” (Forero et al., 2008)

Los investigadores no hacen el análisis de la relación de la EB, R y, TP con la relación C/N de los sustratos, a pesar de haber hallado tales valores para cada formulación. Sin embargo, en sus resultados reportados, se puede notar que; **la mejor eficiencia biológica se obtiene con el sustrato a base de pasto de corte King grass SD (control), que contenía 40,6 de relación C/N y luego los sustratos siguientes contenían SG=19,33, SF=18,5 y SH=23,2.**

En México (A. Sánchez et al., 2008) determinaron la eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP), rendimiento (R) y cambios químicos de los sustratos después de la cosecha del *Pleurotus pulmonarius* y *Pleurotus ostreatus*; los sustratos empleados para la producción de los hongos comestible fueron:

- Rastrojo de tomate (RT) 100%
- Rastrojo de tomate (RT) 50% + Madera de vid (MV) 50%
- Rastrojo de tomate (TR) 50% + Paja de trigo (PT) 50%

En primer lugar determinaron el crecimiento del micelio sobre los diferentes sustratos; para lo cual obtuvieron un sustrato molido de 2 mm, con humedad entre 65 y 75%, colocaron 6,4 gr de sustrato en placas de Petri, esterilizado a 121°C y 15 lb de presión por 1 hora, inocularon un implante de 0,6 cm de diámetro con micelio desarrollado e incubaron a 28°C en oscuridad. Y como resultado reportaron que *Pleurotus ostreatus* invadió en 9 días en la mezcla de RT-PT y requirió 11 días para invadir sobre RT y en la mezcla de RT-MV. Y, para el fructificado de estos hongos comestibles; los sustratos fueron fragmentados con una criba de 0,9 cm, hidratados hasta una humedad de 70%, colocados en bolsas, esterilizados a 121 °C por 2 horas, el inóculo fue al 5% (w/w), incubado en oscuridad a 28°C hasta invasión del micelio al sustrato y luego redujeron la temperatura a 25°C con humedad relativa de 85 a 95%. Según sus resultados; la eficiencia biológica (EB) y tasa de producción (TP) del *Pleurotus ostreatus* sobre los diferentes sustratos señalados fue de; 118,5% ± 4,6 y 2,9 ± 0,1 para el RT; 112,4% ± 6,2 y 2,8 ± 0,2 para RT (50) + MV (50) y; 111,3% ± 20,0 y 2,7 ± 0,5 con el sustrato RT (50) + PT (50). **La productividad de los diferentes sustratos no fue relacionada con la relación C/N, sin embargo, determinaron tal valor;**

para el rastrojo de tomate señalaron 39,9, para RT+MV 55,1 y, para RT-PT 51,5 de C/N; según estos valores el sustrato de mayor productividad tuvo una relación C/N más baja: 39,9.

2.1.2.- Antecedentes Nacionales

En la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (Albán Márquez, 2018) estudió como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* tres residuos del procesamiento de la madera bolaina blanca (*Guazuma crinita*), para lo cual formuló ocho sustratos:

- T1 (Testigo): Paja de trigo (89 %) + afrecho (10%) + cal (1%)
- T2: Partículas del descortezado (89%) + afrecho (10%) + cal (1%)
- T3: Aserrín (89%) + afrecho (10%) + cal (1%)
- T4: Viruta (89%) + afrecho (10%) + cal (1%)
- T5: Partículas del descortezado (44,5%) + aserrín (44,5%) + afrecho (10%) + cal (1%)
- T6: Partículas del descortezado (44,5%) + viruta (44,5%) + afrecho (10%) + cal (1%)
- T7: Aserrín (44,5%) + viruta (44,5%) + afrecho (10%) + cal (1%)
- T8: Partículas del descortezado (29,6%) + aserrín (29,6%) + viruta (29,6%) + afrecho (10%) + cal (1%)

Estos sustratos fueron depositados en agua por una semana hasta alcanzar la humedad requerida de 70 a 80%, colocados en bolsas en una cantidad de 1,5 kg, pasteurizado a 100 °C por 5 horas en un cilindro acondicionado y, luego

inoculados con 4 g de semilla por bolsa. El tiempo del cultivo fue de 7,5 meses y como resultado de la eficiencia biológica reportada señaló:

“La mayor EB se presentó en el tratamiento con viruta con 44,97 % seguido de mayor a menor por: Partículas del descortezado + Aserrín (38,89%), aserrín (35,37 %), Paja de arroz (32,44 %), Partículas del descortezado (29,31%) y los demás tratamientos tuvieron eficiencias muy bajas, menores al 6 %.”(Albán Márquez, 2018).

En la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto (Ríos-Ruiz, Valdez-Nuñez, & Jiménez-Flores, 2017) aislaron 10 cepas de *Auricularia spp* y 10 cepas de *Pleurotus spp*, de las cuales en base a su velocidad de crecimiento seleccionaron a la cepa A₁ de *Auricularia spp* y P₁₀ de *Pleurotus spp* para su propagación en granos de maíz y, fructificación sobre diferentes sustratos. Los sustratos empleados para el cultivo de las cepas seleccionadas fueron:

- Pulpa de café,
- Cascarilla de arroz,
- Aserrín y,
- Arroz pilado

Estos sustratos fueron remojados en agua destilada por 48 horas hasta una humedad de 75 a 80%, envasados en la cantidad de 1 kg en bolsas de polipropileno y esterilizados en autoclave a 121 °C por 15 minutos, sembrando un inóculo al 3% del peso húmedo e incubado a condiciones de oscuridad entre 25 a 30 °C por 15 días para el desarrollo del micelio y luego colocadas en el bosque natural a temperatura ambiente para el fructificado. Los investigadores

reportaron la producción de *Auricularia spp* sobre pulpa de café y sobre cascarilla de arroz y, de *Pleurotus spp* sobre pulpa de café; la mejor eficiencia biológica reportada para *Auricularia spp* fue sobre pulpa de café ($30,33\% \pm 3,35$) y, para *Pleurotus spp* sobre el mismo sustrato fue de $18,20\% \pm 2,89$, sin embargo, hay que resaltar que éste último presenta mayor contenido proteico ($19,00\% \pm 1,28$) que *Auricularia spp*. ($9,01 \pm 1,24$).

En la Universidad Nacional Agraria de la Molina, se realizó la evaluación de la influencia del tratamiento del sustrato en la productividad de *Pleurotus ostreatus*, para lo cual utilizaron paja de arroz y panca de maíz (Muñoz, 2017). Los diferentes tratamientos aplicados sobre los sustratos fueron:

- Tratamiento alcalino x 24 horas (0.5% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- Hervido (75°C x 90 minutos)
- Pasteurizado (Remojado por 24 horas, escurrido y expuesto a $69-70^\circ\text{C}$ x 4 horas)
- Esterilizado (Remojado por 24 horas, escurrido y esterilizado a la autoclave a 15 lb, 121°C x 1 hora).
- Testigo (Remojado por 24 horas, escurrido y sin tratamiento alguno)

Por referencia bibliográfica determinó que la relación C/N de la paja de arroz: es 70 y, de la panca de maíz: 63%. Y, de acuerdo a los resultados de productividad del estudio, el investigador señala:

“Los tratamientos con mayor eficiencia biológica y sin presentar diferencias significativas en sus resultados fueron: el esterilizado en rastrojo de maíz, hervido en paja de arroz y el alcalino en rastrojo de maíz,

con 95.4, 91.1 y 91.0 % respectivamente. La mayor tasa de producción lo obtuvieron los tratamientos: alcalino en rastrojo de maíz y hervido en paja de arroz, con 1.74 y 1.73 % respectivamente. El sustrato y método de desinfección más conveniente para el inicio de una producción comercial de *P. ostreatus* son; el rastrojo de maíz y el método alcalino respectivamente.” (Muñoz, 2017)

Así mismo, al analizar la eficiencia biológica en función a los sustratos señala:

“...Al analizar la eficiencia biológica (EB) en función a los sustratos, estos presentan diferencias significativas, siendo en la panca de maíz (PM) en donde se **obtuvo la mayor eficiencia biológica con 81.1 %, frente a la paja de arroz (PA), quien obtuvo 73.3 %.** Este resultado se debe a que **la panca de maíz posee una menor relación de C/N que la paja arroz, el cual favorece el rendimiento de *P. ostreatus*.**” (Muñoz, 2017)

En la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Pavlich Herrera, 2001) realizó colecciones y aislamiento de hongos comestibles tales como *Pleurotus*, *Auricularia*, *Pleurocollybia* y *Ganoderma* de diferentes departamentos del Perú; resaltando en ellos el contenido proteico, vitaminas y, sus propiedades medicinales. Los hongos comestibles aislados, *Pleurotus ostreatus* colectados de Maranura-Cuzco y *Pleurotus ostreatoroseus* de Chanchamayo-Junín, fueron cultivados sobre residuos lignocelulósicos (Pavlich et al., 2001); la semilla para *Pleurotus ostreatus* lo realizaron sobre granos de trigo, el sustrato consistió en 40% de coronta de maíz, 40% de rastrojo de trigo o chala y, 20% de afrecho de trigo, colocados en bolsas de polipropileno en la cantidad de 1,5 kg, pasteurizado

a vapor en un cilindro acondicionado por 2 días (8 horas/día) y, como resultado obtuvieron la mayor eficiencia biológica de 64,5% con un contenido proteico de 3,6%; éste último dato lo compararon con el contenido proteico de la leche (3,8%) y con la espinaca (2,2%).

En la Universidad Nacional Agraria de la Molina (Quispe Silva, 1995) realizó el ensayo de producción de *Pleurotus ostreatus* sobre 4 diferentes sustratos formulados de la siguiente manera:

- Sustrato 1: Bagazo de caña de azúcar 80% + salvado de arroz 20%
- Sustrato 2: Cáscara de café 40% + Aserrín 40% + salvado de arroz 20%
- Sustrato 3: Panca molida 50%+ Aserrín 50%
- Sustrato 4: Aserrín 80% + salvado de arroz 20%

Los sustratos fueron fermentados durante una semana y, luego embolsados y pasteurizados dentro de un cilindro por 2 horas; inoculados con una cepa de *Pleurotus ostreatus* proveniente de Japón y *Pleurotus sp* proveniente de Filipinas. Y, como resultado de la eficiencia biológica determinó que la mejor fue con el sustrato 3 (panca molida + aserrín) con 36,2 % para *Pleurotus ostreatus* y 20,3 % para *Pleurotus sp*.

En Tingo María (Ríos Ruiz & Ruiz Rengifo, 1993), realizaron el aislamiento, identificación y caracterización del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, señalando como parte de sus conclusiones lo siguiente:

“Los resultados demostraron que el mayor promedio de desarrollo micelial se consiguió a partir del aislamiento y cultivo de tejidos del hongo previa desinfección. Por sus características externas e internas o microscópicas

se identificó al hongo como *Pleurotus afín ostreatus*. Mejor desarrollo micelial, mayor formación de basidiocarpos se tuvo mediante el medio de cultivo de trigo autoclavado. Para efectos de condiciones de luz, mayor desarrollo micelial se consiguió usando el medio de cultivo de trigo autoclavado sometido a oscuridad, mientras que para el desarrollo de basidiocarpos resultaron mejor los tratamientos sometidos a luz. Ambos procesos con un rango de temperatura entre 25° a 29° C.”(Ríos Ruiz & Ruiz Rengifo, 1993).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1.- Cultivo de *Pleurotus* spp.

Según (Piña-Guzmán, Nieto-Monteros, & Robles-Martínez, 2016), una de las características de *Pleurotus* spp. es que son saprófitos, que crecen de manera natural sobre troncos, ramas o árboles muertos y algunas veces se encuentra en el suelo sobre raíces podridas, por ello; puede crecer también de manera controlada en diferentes materiales subproductos o desechos de las actividades agrícolas y agroindustriales, lo cual trae un beneficio ambiental debido a que el manejo y el tratamiento adecuado de desechos orgánicos en el mundo cada día resulta más necesario.

La paja de cereales como trigo, arroz, avena y cebada han sido empleados como sustrato para el cultivo de *Pleurotus*. El arroz es cultivado en grandes extensiones en Asia, por ello la paja de arroz es utilizada como sustrato principal para cultivar hongo ostra. Sin embargo, varios investigadores coinciden que, la paja de trigo es el mejor sustrato por su disponibilidad y economía (Kumari & Achal, 2008) (Piña-Guzmán et al., 2016), con una producción comercial de

diferentes especies y cepas de *Pleurotus*, que van de 30,5% de eficiencia biológica según (Salmones, Mata, & Waliszewski, 2005) a 161.7 % según (Lechner & Albertó, 2011), (Piña-Guzmán et al., 2016); pero, debido a la creciente demanda, costo y otros usos alternativos de la paja de arroz o trigo, se ha generado la necesidad de usar otros residuos lignocelulósicos sin valor comercial, que se tengan disponibles y puedan ser aprovechados como nuevos sustratos para la producción comercial de hongos ostra con alto contenido de proteínas, generando así productos con valor económico y contribuyendo de esta manera al cuidado del ambiente (Piña-Guzmán et al., 2016).

2.2.2.- Factores que influyen en el crecimiento y el cultivo de *Pleurotus* spp.

Para realizar el cultivo del hongo comestible *Pleurotus spp.* es importante considerar los diferentes factores que influyen para su crecimiento micelial y su fructificación, al respecto (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), realizaron una revisión y análisis de los factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en el cultivo de *Pleurotus spp.*, del cual se rescató los detalles más importante para el desarrollo del presente trabajo.

a) Efecto de los factores intrínsecos:

Composición del Sustrato: Según (Oyetayo & Ariyo, 2013), los sustratos utilizados en el cultivo de hongos tienen efecto sobre las características químicas, funcionales y sensoriales de los hongos y, según (Mukhopadhyay, Chatterjee, & Guha, 2002) y (Curvetto, Figlas, Devalis, & Delmastro, 2002); la calidad y cantidad en la producción del hongo ostra están relacionados con el tipo de nutrientes y las condiciones de crecimiento. Además (Bellettini et al.,

2016), sostienen que el sustrato tiene una influencia en la composición mineral, porque las hifas de los hongos están en contacto con el compuesto y retira sus elementos esenciales.

Fuentes de Nitrógeno: Para (Singh et al., 2008), la fuente de nitrógeno es un factor que afecta la producción de enzimas, para (Drozdowski et al., 2010) y (Abdullah, Lau, & Ismail, 2016), el nitrógeno es empleado en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, purinas, pirimidinas y polisacáridos constituyentes de la pared celular de muchos hongos y, según (Miles & Chang, 2004) y (Gil-Ramírez et al., 2013) la pared celular están compuestos por β 1- de amonio o nitrógeno orgánico. El género *Pleurotus* es esencialmente celulolítico (Silva, Dias, Siqueira, & Schwan, 2007), pero, hay hongos que crecen en sustratos con bajo contenido de nitrógeno de 0.03% a 1.0% (Machado, Teixeira, de Souza Kirsch, Campelo, & de Aguiar Oliveira, 2016). El contenido de proteínas encontrados en los carpóforos de *P. sajor-caju* es de 26,3% a 36,7% (R. Zhang, Li, & Fadel, 2002), sin embargo (Ragunathan & Swaminathan, 2003), señalaron valores más altos de 25,6% a 44,3%. Por lo tanto, el tipo de sustrato utilizado para el cultivo de *Pleurotus* spp. probablemente influye en la composición nutricional de los cuerpos fructíferos y, específicamente el contenido de proteína cruda de los cuerpos fructíferos parece estar relacionado con el contenido de nitrógeno en el sustrato de partida, combinado o suplementado con nutrientes y/o fertilizantes agrícolas (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). La suplementación con nitrógeno puede aumentar la productividad de los cultivos, pero a cierto nivel, ya que los valores altos de nitrógeno pueden inhibir la fructificación de los hongos *Pleurotus* sp “Florida” (Silva et al., 2007). Según

(Marcelo Barba Bellettini et al., 2016); el bajo nivel de nitrógeno puede estimular la producción de enzimas lignolíticas, mientras que un alto nivel de nitrógeno lo reprime y, los salvados de cereales son los suplementos de cultivos más utilizados como fuente de nitrógeno orgánico (N₂), necesarias para el crecimiento de la masa del micelio, que puede interferir en la productividad y la eficiencia biológica del hongo, en ese mismo sentido (Wang, Sakoda, & Suzuki, 2001), determinaron para el cultivo de *P. ostreatus* que; la suplementación del sustrato de paja de cebada con salvado de trigo en una proporción del 45% promueve un aumento en la eficiencia biológica del hongo. Según (El-Batal, ElKenawy, Yassin, & Amin, 2015) el salvado de trigo tiene un alto rendimiento de lacasa y una fuente abundante de ácidos hidroxicinámicos, particularmente los ácidos ferúlico y p-cumárico, que se sabe que estimula la producción de lacasa.

Relación de carbono nitrógeno (C/N): Según (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) una relación de C/N baja es favorable en la fase de fructificación del hongo. Según (Urban, 2004), (Naraian et al., 2009) y, (Bellettini, Fiorda, & Bellettini, 2015), citados por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), una relación C/N (28-30% de carbono y 1 % de nitrógeno) es una condición importante para la producción de hongos (fructificación rápida). Si en el sustrato para el cultivo del hongo hay más nitrógeno que carbono, la consecuencia es una inhibición del crecimiento micelial (Zanetti & Ranal, 1997). Al respecto (Yang, Guo, & Wan, 2013), también señalaron que; la tasa más baja de reproducción en el sustrato de las semillas de algodón puede deberse a su alta relación C/N, ya que se sabe que la deficiencia del nitrógeno inhibe el crecimiento micelial, mientras que el crecimiento lento en los tallos de perilla puede deberse a un exceso de nitrógeno,

que se sabe que retrasa la formación del cuerpo fructífero. Según (Li et al., 2015) una relación C/N mayor es beneficioso para altos niveles de proteínas, aminoácidos, 5'-nucleótidos y de un sabor delicioso, pero si la relación C/N es bajo es beneficioso para un alto contenido de carbohidratos, polisacáridos y trehalosa. Según (Eira, 2003) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) señala que hay tres grupos de sustratos con los cuales se pueden cultivar en condiciones naturales no asépticas:

- Sustratos en la naturaleza con una relación C/N superior a 100/1, como troncos de madera sin preparación previa;
- Residuos agroindustriales con una relación C/N entre 50 y 100/1, como paja pre tratada para compostaje corto y pasteurización severa o sólo pasteurización;
- Paja y residuos agrícolas con una relación C/N entre 25 y 50/1, antes del compostaje, la pasteurización y el envasado, y después del envasado, la relación C/N se reduce a una cantidad entre 16 y 17/1;
- El sustrato con una relación C/N entre 15 y 25/1 se puede usar con algunas ventajas para el medio de cultivo, que tiene una relación C/N estrecha, lo que lleva a una alta productividad en vista de los costos del proceso de esterilización, la asepsia y la demanda del mercado.

pH: Según (Urben, 2004), citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) señala que; cada seta tiene su rango de pH óptimo para el desarrollo, y es variable; por ejemplo, pH entre 4,0 y 7,0 para el crecimiento del micelio y 3,5 a 5,0 para la formación de basidiocarpos.

Humedad: Según (Oei y Nieuwenhuijzen, 2005) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) el agua es uno de los principales factores que influyen en el éxito en el crecimiento de hongos. (Urben, 2004) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) señala que; los nutrientes se transportan desde el micelio a los cuerpos fructíferos mediante un flujo constante de humedad. El alto contenido de humedad en el sustrato resultará en una respiración difícil para el micelio, inhibiendo la transpiración, haciendo imposible el desarrollo del cuerpo fructífero, incluso con cantidades elevadas de inóculo o un número de agujeros en los paquetes de cultivo de hongos, lo que resulta en el desarrollo de organismos no deseados como bacterias y nematodos. El bajo contenido de humedad provocará la muerte del cuerpo fructífero. El contenido óptimo de humedad para el crecimiento y la utilización del sustrato depende del organismo y del sustrato utilizado para el cultivo. Se cree que el aumento del nivel de humedad reduce la porosidad del sustrato, lo que limita la transferencia del oxígeno. Según (Chang y Miles, 2004) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) señalaron que la humedad adecuada en el sustrato debe abarcar un rango entre 50% y 75% , permitiendo un crecimiento satisfactorio de *Pleurotus spp.* Según (Lechner y Albertó, 2011) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), señalaron que la humedad final en el sustrato se ajustó (p/p) al 74%, lo que representa el contenido de humedad inicial del sustrato para el cultivo de *P. albidus*, *P. cystidiosus*, *P. djamor* y *P. ostreatus*.

Minerales: En general, los materiales lignocelulósicos como sustrato para el cultivo de setas comestibles tienen un bajo contenido de minerales y requieren aditivos para proporcionarles diferentes minerales y, con ello se puede mejorar

la producción de hongos (Mangat et al., 2008 y, Alananbeh et al., 2014) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). La suplementación no debe ser alta debido a la posibilidad de reducción del rendimiento (Fanadzo et al., 2010) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), posibilidad de contaminación (Yildiz et al., 2002) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) y aumento de la temperatura del lecho, y posibilidad de muerte del micelio (Upadhyay et al., 2002) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). Esta adición, cuando es excesiva, puede resultar en un sabor indeseable para los alimentos (Lima et al., 1975) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). Según (Almeida et al., 2015) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), el micelio de *P. ostreatus* bioacumula al menos cinco veces más hierro que su basidiocarpo. Por lo tanto, el micelio bioacumulado de hierro podría ser un alimento alternativo con concentración de hierro de una fuente no animal.

Tamaño de partícula del sustrato: En relación al tamaño de las partículas del sustrato para el cultivo de setas es que las partículas sean pequeñas (5-6 cm de longitud) ya que proporcionan un área de superficie más grande para los microorganismos (densidad aparente promedio de 428 lb/yarda³) (Lohr et al., 1984, Yildiz et al., 2002) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016); pero, las partículas pequeñas generan un sustrato comprimido que interfiere en el sistema de aireación y el oxígeno utilizado por los microorganismos (M Barba Bellettini et al., 2015). (Zhang et al., 2002) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) encontró que cuando la paja se molía en partículas demasiado pequeñas, el rendimiento del hongo disminuye. Las partículas de gran tamaño causan un aumento en el espacio entre las partículas, lo que mejora la

transferencia de oxígeno, pero limita el área de la superficie de las partículas (Pandey et al., 2000) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016).

Niveles de inóculo de la semilla: Un inóculo de la semilla en proporciones elevadas acorta el tiempo de colonización micelial, la formación de primordios, el tiempo hasta el primer cultivo de hongos (Yang et al., 2013 a) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) y reduce la brecha de oportunidades para la invasión de los competidores (Stamets, 2000) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). (Alananbeth et al., 2014) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) estudiaron tres niveles de inóculo de la semilla (5%,7,5% y 10%) y señalaron que el rendimiento, la eficiencia biológica y los cuerpos fructíferos totales aumentaron a medida que aumentaba el porcentaje de cultivo de *P. ostreatus*. (Zhang et al., 2002) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) evaluaron tres niveles de inóculo (12%, 16% y 18%), y el nivel de 12 % dio como resultado un rendimiento de hongos significativamente más bajo que los otros dos niveles de cultivo de *P. sajor-caju*. Según (Eira, 2003) y, (Oei y Nieuwenhuijzen, 2005) citados por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), la cantidad de inóculo no debe exceder el 10% del peso del sustrato (producción comercial 7-10%), porque no hay un aumento significativo de la eficiencia biológica, lo que resulta en pérdida económica. (Smita, 2011) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) también mostró que la mayor eficiencia biológica se obtuvo al 8% y no hubo diferencias significativas en el rendimiento con respecto a la dosis de 6%, 8% y 10%. Un nivel de inóculo más bajo puede no ser suficiente para iniciar el crecimiento, mientras que un nivel más alto puede causar una

inhibición competitiva (sabe et al.,2005) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016).

b) Efecto de los factores extrínsecos.

Tratamiento térmico: Las técnicas de producción de hongos pueden involucrar sustratos naturales previamente compostados y/o pasteurizados al vapor (Owaid et al., 2015) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) o pueden usar el cultivo axénico, que consiste en usar un sustrato estéril (Eira et al., 1997) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). Según (M Barba Bellettini et al., 2015) los sustratos no axénico (pasteurización con vapor), son sometidos a un tratamiento térmico de 75-100°C durante 4-10h, con ésta técnica, sólo se elimina una fracción de los microorganismos. El objetivo es destruir los microorganismos que se encuentran en la forma vegetativa, lo que obliga al resto a permanecer en forma de espora. El tratamiento de sustrato por inmersión en agua caliente reduce los rendimientos en al menos un 20% en comparación con otros tratamientos con paja de trigo, como vapor, química o sin tratar (Mejía & Albertó, 2013), según los investigadores, esto es debido a que los compuestos que son hidrosolubles se pierden durante la inmersión de la paja de trigo en agua caliente y, la pérdida de estos nutrientes sería la causa de la disminución del rendimiento. Aunque hay muchos procedimientos alternativos para la preparación de sustratos, la mayoría de artículos publicados por la comunidad científica informan una preferencia por el cultivo axénico, el cultivo en un sustrato previamente esterilizado en un autoclave, con algunas variaciones (Dias et al., 2003, Silva et al., 2007, Gonçalves et al., 2010) citados por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). Según (Alananbeh et al. 2014) citado por (Marcelo Barba

Bellettini et al., 2016), los sustratos esterilizados con formalina y bavistina y autoclave tienen mejor desarrollo, formación de cabeza de alfiler y cuerpo de fructificación y rendimiento.

Temperatura de incubación: Según (Mejía & Albertó, 2013) el hongo ostra puede crecer a temperaturas moderadas de 18 a 30°C. (Neelam et al. 2013) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) indicaron que la temperatura óptima para el crecimiento del micelio en la seta de la ostra *P. florida* fue de 25 a 30°C. Este resultado de temperatura óptima indicó que las especies de *Pleurotus* pudieron crecer mejor durante el verano y el otoño en las regiones subtropicales y tropicales como una oportunidad para desarrollar la producción de hongos ostra en los países pobres y en desarrollo (Oei 1991, Kashangura, 2008) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). Cuando los sustratos estaban completamente colonizados, la temperatura se puede cambiar a 10-16 °C (choque frío, una diferencia de 5-10°C) para inducir la fructificación (Oei, 2003, Ruiz-Rodríguez et al., 2010, Owaid et al., 2015) citados por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). Por otro lado, las altas temperaturas en el entorno del cultivo pueden reducir el desarrollo de hongos en diferentes caminos de crecimiento ideales, lo que permite el desarrollo de microorganismos competitivos, mejor adaptado a altas temperaturas (Urban, 2004) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016).

Humedad: Para la mayoría de los hongos, el amplio rango de humedad es de 20 a 70% (Pandey et al., 2001) y, según (Chang y Miles 2004) y (Li et al., 2015) citados por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), la humedad adecuada para el crecimiento del micelio en oscuridad y la estimulación de la fructificación debe

abarcar un rango entre 60-75% y 85-97% respectivamente, en el ambiente, permitiendo un crecimiento satisfactorio de *Pleurotus spp.*

Luminosidad: El fotoperiodo no es necesario para inducir la formación de primordios, pero es necesario para la producción del cuerpo fructífero. Los ambientes que tienen mucha luz pueden causar palidez, deformaciones, estípites alargados (Urben, 2004) y reducción de la coloración del píleo (Marino et al., 2003) citados por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016). (Eira y Bueno, 2005) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) informaron que el color blanco brillante del píleo de *Pleurotus spp* se puede cambiar a oscuro y opaco en presencia de luz, debido a la liberación de fenol oxidasas que oxida los fenoles, formando melanoidinas. En la ausencia total de luz, los hongos ostra no formarán un píleo, sino los bastones (tallos de hongos) que forman una estructura similar a un coral (Oei y Nieuwenhuijzen, 2005) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016).

Composición del aire: Según (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) la aireación tiene diferentes funciones, siendo la provisión de oxígeno para el crecimiento aeróbico y el metabolismo; regulación de la humedad; ajuste de la temperatura; vapor de agua, CO₂ y eliminación de algunos metabolitos volátiles. Los hongos aeróbicos requieren oxígeno para su supervivencia y desarrollo. Durante la puesta en marcha oscura, es importante mantener la concentración de CO₂ en 2000-2500 mg/L. Después de completar el inóculo y la estimulación de micelios, se permitió que los cuerpos fructíferos se desarrollaran a una concentración de CO₂ de 1500-2000 mg/L (Li et al., 2015). Por lo tanto, durante la etapa de fructificación se requiere una reducción de la concentración de CO₂, así como un

aumento en el oxígeno. Esto es posible abriendo paquetes de cultivo a través de la ventilación. Un mayor número de hoyos en el cultivo da como resultado un hongo más pequeño (Eira, 2003) citado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016).

De la revisión sobre la influencia de los factores intrínsecos y extrínsecos sobre el cultivo de *Pleurotus* spp. (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016) llegaron a la conclusión siguiente:

“La supervivencia y multiplicación de los hongos está relacionada con una serie de factores, que pueden actuar individualmente o tener efectos interactivos entre ellos. La combinación de la mejor temperatura del aire, humedad, condiciones de nutrientes y otras variables, proporcionan un efecto sinérgico que optimiza la producción de hongos, con la consiguiente pérdida y reducción de costos.” (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016)

2.2.3.- Uso del Sustrato Residual del cultivo de *Pleurotus* spp.

Hay investigaciones que se han realizado sobre la utilidad del sustrato residual del cultivo de *Pleurotus* spp.; ya sea como un mejorador de suelos para cultivos de plantas y/o como alimento para animales. De la revisión sobre la aplicación del sustrato residual del cultivo de hongos en la producción hortícola (Postemsky & López-Castro, 2016) señalaron:

“El cultivo de hongos comestibles y medicinales crece y, a su paso genera considerables volúmenes de sustrato degradado por hongos (SDH). Dicho cultivo implica una fermentación en estado sólido (FES), con aparición de

metabolitos fúngicos y la consecuente biodegradación de materiales lignocelulósicos. La FES acelera la mineralización de la materia orgánica; como resultado, el SDH final es más estable que el sustrato original. Las propiedades del SDH dependen en gran medida de si, previo a la inoculación del hongo, el sustrato es compostado o sólo descontaminado. El primer caso aplica a hongos más exigentes en cuanto a componentes orgánicos de la materia. El segundo, a especies más adaptables a diferentes materiales, a su vez las más adoptadas por pequeños y medianos productores. Finalizado el cultivo, el SDH se retira del lugar de producción... Para su uso en horticultura es especialmente necesaria la reducción del tamaño de partícula y la dilución del exceso de sales. Esta revisión tiene como objetivo general poner en relieve el potencial de los SDH como recurso valioso. En particular, se describen sus propiedades físicas y químicas y sus aplicaciones en sistemas de producción hortícola. Entre éstas destacan: sustrato para plántulas, enmienda de suelos y biofertilizante.” (Postemsky & López-Castro, 2016)

Las propiedades físicas y químicas de los sustratos residuales del cultivo del *Pleurotus ostreatus* se presenta en la tabla 26 y 27 respectivamente y, se observa que en la mayoría de los parámetros son cercanos o mejores que los reportados en los sustratos óptimos para el cultivo de plantas. Así mismo, (Nakatsuka, Oda, Hayashi, & Tamura, 2016) señalaron que el sustrato residual del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* es un buen material orgánico para la mejora del suelo durante un corto período de tiempo y, demostraron que el suelo con el sustrato fresco del cultivo de *Pleurotus ostreatus* desarrolla una

microestructura granular en el horizonte A (15-20 cm) y una estructura esponjosa en el horizonte B (45-50 cm y 70-75 cm).

Tabla 26.

Propiedades físicas del sustrato degradado por *Pleurotus ostreatus*. SRH: sustrato residual del cultivo de hongos descomponedores primarios.

Propiedades Físicas	Sustratos en niveles óptimos para el cultivo de Plantas ^z	SRH <i>Pleurotus ostreatus</i> ^w
Densidad aparente (g-cm ⁻³)	<0,4	0,11
Porosidad efectiva (%)	>85	87
Porosidad ocupada por agua (%)	55-70	26
Porosidad ocupada por aire (%)	10-30	60
Humedad relativa (%)	-	47

Densidad aparente: relación entre el peso seco y el volumen de las partículas de sustrato, incluyendo los poros. *Porosidad efectiva*: porcentaje del volumen de un sustrato ocupado por poros interconectados. *Porosidad ocupada por agua*: también llamado capacidad de contenedor, consiste en el porcentaje del volumen de un sustrato que queda ocupado por agua luego de saturarlo con la misma y dejarlo drenar libremente en ausencia de evaporación. *Porosidad ocupada por aire*: porcentaje del volumen de un sustrato en condición de capacidad de contenedor ocupado por aire.

z: Valores correspondientes al sustrato en niveles óptimos son tomados de Ansorena Miner (1994), y Burés (1997).

w: Valores tomados de López-Castro *et al.* (2008).

Fuente: (Postemsky & López-Castro, 2016)

Tabla 27

Propiedades químicas de sustrato degradado por *Pleurotus ostreatus*. SRH: sustrato residual del cultivo de hongos descomponedores primarios.

Propiedades Químicas	Sustratos en niveles óptimos para el cultivo de Plantas ^z	SRH <i>Pleurotus ostreatus</i> ^{w,v}
pH	5,2-6,3	6,9(7,5)
Ce (dS*m ⁻¹)	0,75-3,9	15,4(2,9)
C% (materia seca)	-	-
N% (pasta saturada)	-	0,17 (0,15)
C/N (Materia seca)	20-40	-
Materia orgánica % (materia seca)	>80	87,5 (92)
Minerales expresados en mg kg⁻¹ de materia seca		
Na	170	29(30)
Mg	1800	314(173)
P	-	206(171)
S	2000	2047(170)
K	2800	1589(354)
Ca		1561(1305)
Mn		2,8 8(1,1)
Fe		38(31)
Cu		0,7 (0,8)
Zn		3,9(5,4)

^z Valores correspondientes al sustrato en niveles óptimos son tomados de Ansorena Miner (1994), y Burés (1997).

^w Valores tomados de López-Castro *et al.* (2006). Método de dilución de la muestra: pasta saturada. Los valores entre paréntesis corresponden al SRH lavado con agua.

^v Valores tomados de López-Castro (2006). Método de dilución de la muestra: pasta saturada. Los valores entre paréntesis corresponden al SR lavado con agua.

Fuente: (Postemsky & López-Castro, 2016)

Por otro lado, también existen investigaciones sobre la utilidad de los sustratos residuales del cultivo de hongos como alimento para animales, al respecto (Wanzenböck et al., 2017) como parte de sus conclusiones de cultivar *Pleurotus eryngii* y *Pleurotus ostreatus* con perspectiva de utilizar el sustrato residual como alimento de animales señalaron que; el sustrato que contiene 980 g/kg de salvado de trigo mostró una disminución notable en fitato, viscosidad y, la fibra detergente neutra, por ello, la producción de hongos en el salvado de trigo permite obtener una mejor calidad de hongos comestibles en comparación de otros sustratos y a la vez ofrece la posibilidad de emplear el sustrato fermentado en la alimentación animal. (Rangubhet, Mangwe, Mlambo, Fan, & Chiang, 2017) sobre el uso de los sustratos residuales del cultivo de hongos como parte de la alimentación de ganado vacuno señalaron:

“El estudio demuestra que alimentar a los novillos Holstein con ensilaje basado en SMS disminuye significativamente las poblaciones de protozoos en el rumen y la emisión de metano entérico. Aunque los mecanismos no se entienden completamente, los fitoquímicos en el SMS podrían ser responsables de la reducción de las poblaciones de protozoos del rumen y la inhibición de la metano génesis del rumen.”(Rangubhet et al., 2017)

Por las razones señaladas anteriormente, realizar el cultivo de hongos comestibles como el *Pleurotus ostreatus*, resulta ser una actividad económica que ayuda al desarrollo sustentable de la sociedad humana, en tal sentido, de la revisión sobre los sustratos de residuos agrícolas y agroindustriales para el

cultivo de *Pleurotus* spp, (Piña-Guzmán et al., 2016), como parte de sus conclusiones señalaron:

“De esta manera, se pueden aprovechar residuos producidos regionalmente, para producir alimentos de alto contenido proteico y el sustrato agotado puede aún ser empleado tanto para el re-cultivo de hongos comestibles como para la recuperación de suelos contaminados, ofreciendo así alternativas tanto para la seguridad alimentaria como para la disminución del impacto ambiental ocasionado por los residuos agrícolas y agroindustriales.”

2.3 Conceptual

2.3.1.- Hongos:

Los hongos son microorganismos eucariotas, portadores de esporas, con nutrición de absorción, que se reproducen de forma asexual y sexual y; tienen gran importancia para los seres humanos, sea positiva (beneficiosas) o negativa (perjudiciales) que se desarrollan de forma natural en hábitats de suelo y agua, participan en la degradación de la materia orgánica compleja del ambiente a compuestos orgánicos simples y moléculas inorgánicas, dejando a disposición para otros organismos: C, N, P, y otros componentes cruciales a partir de los organismos muertos. Se les encuentra como pluricelulares (mohos) o como unicelulares (levaduras) y según su tamaño existen los microscópicos y los macroscópicos (Willey, Sherwood, & Woolverton, 2009) y; en el presente trabajo nos dedicaremos a tratar sobre la seta macroscópica conocida popularmente como hongo ostra o pecho de gallina, es decir, del *Pleurotus ostreatus* desde la perspectiva de su utilidad como hongos celulíticos, lignívoros y comestibles.

El género *Pleurotus* según (J. Sánchez & Royse, 2001, Pp 32), se encuentra en la división Basidiomicetos y, agrupa hongos diversos que se caracterizan porque producen esporas sexuales en cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos, también conocidos como basidiomatas o basidiomas (del griego basidion=base pequeña, basidio + karpos=fruto), el cual porta estructuras especializadas conocidas como basidios. En la mayoría de las especies, cada basidio produce cuatro basidiosporas, que son fuertemente disparadas al llegar a su madurez (balistosporas).

2.3.2.- Setas

Según (Gaitán-Hernández, Salmones, Pérez-Merlo, & Mata, 2006), el término “seta” es aplicado en México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus* y afines) y, sobre las características generales de las setas señalaron lo siguiente:

“Las setas son hongos que se desarrollan principalmente sobre troncos en descomposición u otros substratos vegetales. Cada hongo está formado por una serie de finos filamentos llamados hifas, que en conjunto forman lo que se denomina micelio. En la naturaleza y bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, este micelio extendido sobre un substrato adecuado, se transforma en pequeños grumos que van aumentando de tamaño hasta formar la típica seta. El hongo formado con su sombrero y su pie, tiene la función de producir las estructuras de reproducción llamadas esporas cuya misión es perpetuar la especie. Estas esporas se forman en la cara inferior del sombrero, en unas laminillas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta

el borde del sombrero. Un hongo o cuerpo fructífero representa para el micelio lo que un fruto para un árbol. Los hongos en general son conocidos por su forma de paraguas, con un sombrero más o menos circular y un eje o pie que lo sostiene, pero para el caso de las setas este pie es más lateral que céntrico, por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja, de hecho a este hongo técnicamente se le llama Pleurotus, término que deriva del griego pleurá o pleurón, costado o lado y del latín otus, oreja (Fig. 1). Las setas se alimentan de la materia orgánica en la que están creciendo, degradando las substancias con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, por ello es importante el suministrar un substrato adecuado al hongo cuando se le intente cultivar para que los nutrientes puedan ser aprovechados por las hifas del micelio. Para que la seta se desarrolle adecuadamente se requiere de una temperatura y humedad adecuadas, así como aire que aporte oxígeno y cierta cantidad de luz. Con estos factores se deducen las necesidades que tiene que satisfacer el cultivo del hongo seta. El conocer el desarrollo de un hongo en la naturaleza y entender su ciclo de vida (Fig. 2), nos dará el conocimiento para poder manipularlo y producirlo en condiciones artificiales de cultivo.”

El término seta, según la Real academia Española (Real Academia Española, 2018), lo define como: “Cualquier especie de hongo, comestible o no, con forma de sombrilla, sostenido por un pedicelo”.

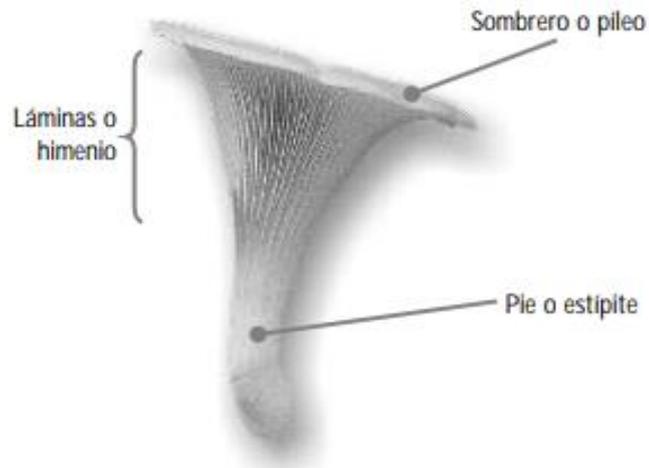


Fig. 1.- Hongo seta con sus partes principales. Fuente:(Gaitán-Hernández et al., 2006)

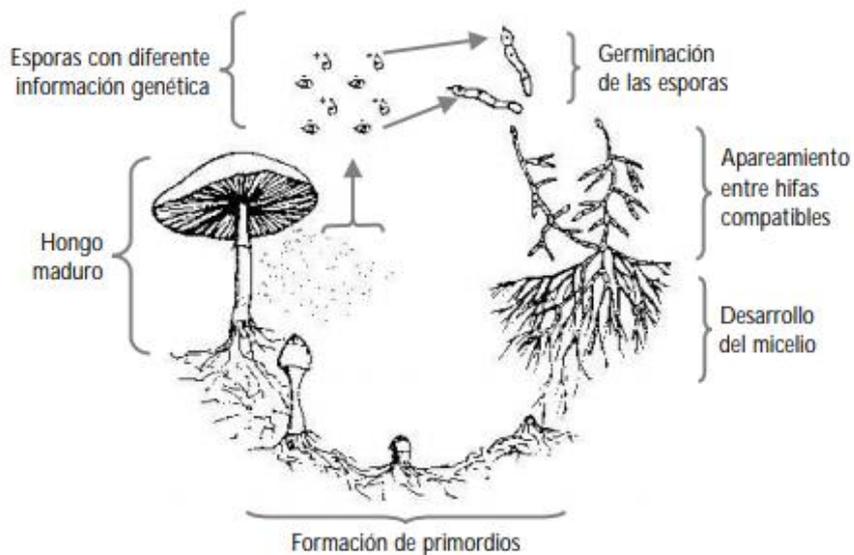


Fig. 2.- Ciclo de vida de un hongo. Fuente: (Gaitán-Hernández et al., 2006)

2.3.3.- *Pleurotus spp*:

En el género *Pleurotus spp* se encuentran especies comestibles de buen sabor, generalmente son de color blanco, amarillento o rosado, grisáceo o de color oscuro; en general suelen llamarlo setas pero, también son conocidos popularmente en México como: hongos ostra, orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate y orejas de izote (Gaitán-Hernández et

al., 2006) y según (Pavlich et al., 2001) al *Pleurotus ostreatus* en el Perú se le conoce con el nombre vulgar de “pecho de gallina”. Según (Melo de Carvalho, Sales-Campos, & Nogueira de Andrade, 2010) y (Piña-Guzmán et al., 2016), se han registrado unas 70 especies del género *Pleurotus spp* y se siguen reportando nuevas especies, su popularidad se incrementa a nivel mundial debido a su facilidad de crecer en un amplio rango de temperaturas y sobre diversos materiales residuales lignocelulósicos.

Según (Jwanny, Rashad, & Abdu, 1995) citado por (Piña-Guzmán et al., 2016), *Pleurotus spp* crecen rápidamente en comparación con otros hongos comestibles, exigen pocos controles ambientales y sus cuerpos fructíferos no son a menudo atacados por plagas y enfermedades y, según (Kumari & Achal, 2008) citado por (Piña-Guzmán et al., 2016), tienen un alto rendimiento de productividad y presentan un valor nutricional por su alto contenido en proteínas de buena calidad, vitaminas, ácidos graso insaturados y elementos esenciales como calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, sodio, zinc, cobre, manganeso y selenio, con bajo contenido calórico y libre de colesterol. Por otro lado, los extractos o polvos provenientes de los carpóforos de *Pleurotus* han sido reconocidos por poseer propiedades medicinales, tales como: antioxidante, hepatoprotectora, antidiabética, anticancerígena, entre otras (Asaduzzaman & Mousumi, 2012) citado por (Piña-Guzmán et al., 2016).

2.3.4.- Propiedades nutraceuticas de *Pleurotus ostreatus*

El *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible con buenas propiedades nutricionales y con bondades medicinales, las cuales han sido estudiadas por varios investigadores; así tenemos según los resultados de (Bobek & Galbavý,

1999), señalaron que hay un efecto de reducción de niveles de colesterol en conejos machos alimentados con 10% de cuerpos fructíferos del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*; (Y. Zhang, Yang, Jin, Yang, & Zhang, 2016), demostraron en ratones la eficacia del extracto de polisacáridos del *Pleurotus ostreatus* para prevenir y tratar la enfermedad de Alzheimer; (Y. Zhang, Hu, et al., 2016), demostraron los efectos antidiabético en ratas diabéticas STZ inducida; (Deepalakshmi & Mirunalini, 2016) demostraron que el consumo en la dieta de *Pleurotus ostreatus* podría ofrecer la máxima protección contra la carcinogénesis mamaria inducida por DMBA y mejorar la salud humana si se utiliza como una base regular. En general, por las investigaciones recientes, se está demostrando que los hongos, entre las cuales se encuentra *Pleurotus ostreatus*, presentan un valor nutritivo y propiedades medicinales, en ese sentido (Kothari, Patel, & Kim, 2018) en una revisión sobre el tema señalaron:

“Los polisacáridos de los hongos se han mostrado inmensamente prometedores. Numerosos estudios han caracterizado y evaluado su relevancia biológica, que van desde antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerosos, antidiabéticos, antimicrobianos y antilipémicos hasta inmunomoduladores. Por lo tanto, es importante acumular los hallazgos clave de estas investigaciones y aplicar los conocimientos para desarrollar alimentos funcionales, e inmunomoduladores.”(Kothari et al., 2018).

Las propiedades farmacológicas de los hongos, en el cual está incluido el *Pleurotus ostreatus*, se muestran claramente en la figura 3.

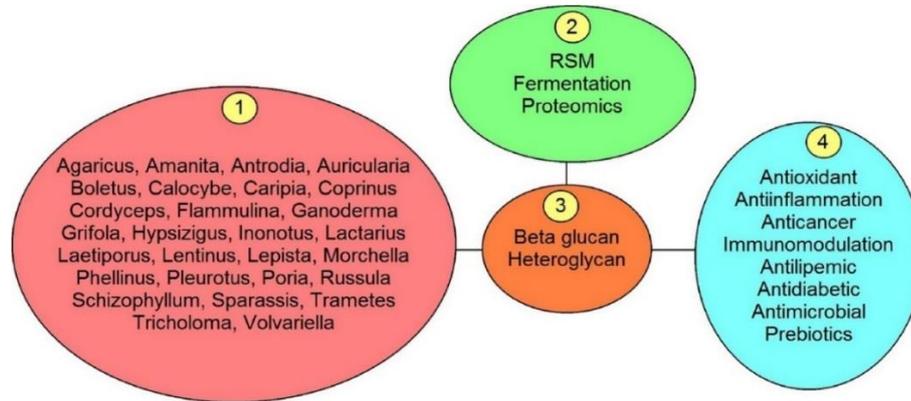


Fig. 3.- Efectos medicinales del extracto de polisacáridos de hongos comestibles

Fuente:(Kothari et al., 2018).

2.4 Definición de Términos Básicos

2.4.1.- Producción de hongos comestibles:

Según (Eira, 2004) citado por (Melo de Carvalho et al., 2010), las técnicas de producción de hongos comestibles consisten en seis etapas:

- Preparación de la matriz,
- Compostaje,
- Pasteurización,
- Siembra,
- Incubación y,
- Cosecha.

2.3.2.- Semilla o Blanco de hongo

Según (J. Sánchez & Royse, 2001) señalaron que; la semilla o blanco del hongo es el micelio inoculado a un sustrato dado y es el material empleado para sembrar cuando se cultivan hongos. Existen dos tipos de semillas: la semilla madre, matriz o primaria y la secundaria o semilla para la siembra. La semilla primaria, también conocida como inóculo primario, proviene directamente del

micelio del hongo cultivado sobre un medio de cultivo base de agar, esto significa que para su preparación el substrato empleado se inocula con un trozo de agar. El substrato para producir la semilla secundaria, por el contrario, es inoculado con un primario de crecimiento activo. Muy frecuentemente, el substrato utilizado para preparar los primarios son granos, mientras que para los secundarios se utilizan desechos agrícolas. Algunas veces el mismo material es usado como primario y secundario. Para evitar confusión entre unos y otros, se pueden utilizar diferentes tipos de recipientes, por ejemplo, los primarios en botellas y los secundarios en bolsas de plástico termo resistentes. Comúnmente se utilizan granos de cereales para preparar semilla primaria o secundaria de cepas del género *Pleurotus* spp. Estos granos son trigo, centeno, mijo y sorgo. Algunas veces también se usan granos secos de maíz, pero deben ser molidos primero de una manera grosera, para que puedan ser más fácilmente esterilizados y el micelio del hongo los penetre sin inconvenientes. Los granos deben estar libres de fungicidas. Se debe usar grano fresco y, en la medida de lo posible, de alta calidad porque los granos viejos contienen esporas de bacterias y hongos y obligan al productor a incrementar el tiempo de esterilización para matar los organismos contaminantes.

Según (Gaitán-Hernández et al., 2006); la semilla constituye la base para el cultivo comercial de las setas, y se refiere a la propagación o desarrollo masivo del hongo en granos de gramíneas, principalmente sorgo o trigo. La elección de los granos o semillas para la producción de inóculo dependerá de su disponibilidad, bajo costo y calidad. Se pueden emplear semillas de sorgo, trigo, centeno, cebada, avena, mijo y arroz, entre otros. La semilla previamente se

limpia, lava se hidrata por inmersión en agua de 8-12 hrs. Transcurrido el tiempo de hidratación, los granos se enjuagan y se escurre el exceso de agua con la ayuda de un cernidor, pasando un lienzo seco sobre la semilla hasta que al momento de tomar una porción con la mano ésta no quede húmeda. La cantidad de agua que absorbe la semilla es de aproximadamente 25-30 por ciento. Una vez controlado el contenido de humedad en el grano, se coloca 300 g en bolsas de polipapel, después se esterilizan en olla de presión o autoclave, a 15 lb durante 50-60 min. Las bolsas esterilizadas se enfrían en un área aislada y limpia, de preferencia en una superficie desinfectada y, se procede con el inóculo primario y secundario.

2.4.3.- Compostaje del sustrato para el cultivo de Pleurotus spp.

El compostaje es la fermentación del sustrato orgánico previo al inóculo de la semilla del hongo comestible y, según (Melo de Carvalho et al., 2010), el compostaje se utiliza para la elaboración del sustrato y tarda de 15 a 20 días, variando según el sustrato utilizado. Para corregir el pH, se agrega carbonato de calcio al compost, que también puede complementarse con otros materiales (salvado de trigo, nitrato de amoniac, etc.). La humedad del compost debe controlarse para que no exceda el 75%. Sin embargo, (Gaitán-Hernández et al., 2006), en relación al tratamiento de los sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, señalaron que hay algunos sustratos a los que es recomendable aplicarles una fermentación aerobia; entre estos sustratos están la pulpa de café y los bagazos de maguey tequilero y de caña de azúcar, que deben ser utilizados preferentemente frescos, evitando aquellos que hayan tenido previamente un proceso fermentativo por almacenamiento y, el tiempo de

fermentación dependerá del sustrato, por ejemplo, para los bagazos se recomiendan de 8-10 días, mientras que la pulpa de café, de 3-5 días. Pero, también señalaron que; hay sustratos que no requieren pasar por compostaje y básicamente hay que aplicarles calor para disminuir la flora microbiana nociva (pasteurización), pero estos materiales deben mantenerse deshidratados y libres de plagas y enfermedades.

2.4.4.- Pasteurización:

La pasteurización es una técnica que consiste en aplicar calor moderado para disminuir la carga microbiana de una muestra, al respecto sobre la pasteurización del sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* según (Gaitán-Hernández et al., 2006) señalaron:

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

a) Pasteurización con vapor. Consiste en colocar el sustrato en un área cerrada, ésta puede ser un pequeño cuarto de concreto o un recipiente metálico, se le aplica vapor generado por una caldera eléctrica, de diésel o gasolina, por medio de tubos de cobre o mangueras resistentes al calor. Se recomienda que la temperatura alcance entre de 70-80°C y que el sustrato se mantenga de 2 a 4 hrs. en esa condición.

b) Pasteurización por inmersión en agua caliente. El sustrato se sumerge en agua caliente (75-80°C) durante 1 hr.”

Sobre el tema (J. Sánchez & Royse, 2001) señalaron que; la pasteurización tiene como finalidad destruir insectos y microorganismos competidores de *Pleurotus spp.*, pero al realizar esto, pueden ocasionar cambios bioquímicos que afectan positiva o negativamente la calidad del sustrato, además consideran que; la pasteurización no proporciona una protección natural del sustrato contra las contaminaciones fúngicas, especialmente si se trata de *Trichoderma spp.*; por ello, se está complementando con el uso de fungicidas.

2.4.5.- Siembra

La siembra consiste en el inóculo de la semilla o blanco del hongo sobre un sustrato apropiado y según (Gaitán-Hernández et al., 2006); la siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura menor a 30°C, se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme en una proporción de 150g (3%) a 250g (5%) de inóculo para 5 kg (peso húmedo) del sustrato. Y, según (J. Sánchez & Royse, 2001) consideran que; la siembra se refiere a la mezcla homogénea en condiciones de asepsia del inóculo o semilla con el sustrato y, recomiendan para una siembra eficiente debe tomarse en cuenta la cepa, el sustrato, el estado fisiológico del organismo, la tasa de inoculación y una higiene rigurosa; así mismo sobre la tasa de inoculación, indican que varían entre 0,8 y 15%.

2.4.6.-Incubación

Es el mantenimiento a una temperatura constante y para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, según (Gaitán-Hernández et al., 2006) se debe realizar en un cuarto limpio, de preferencia obscuro y con temperatura ambiental entre 25 a 28°C. Para (J. Sánchez & Royse, 2001), la incubación es la etapa que permite la

colonización del sustrato por el hongo, de preferencia a temperatura y humedad óptimas, y en oscuridad y, para la mayoría de las especies de *Pleurotus* tienen óptimos de crecimiento micelial entre 25- 28°C, sin embargo la temperatura varía según las cepas.

2.3.7.- Cosecha

Es la recolección del cuerpo fructífero del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* y, al respecto, (Gaitán-Hernández et al., 2006), señalaron que; después de una semana aproximadamente de la aparición de los primordios, los hongos adultos estarán listos para cosecharse y debe presentar un sombrero compacto, turgente, no flácido y sin que se enrolle hacia arriba, recomendando el uso de navajas limpias para el corte del pie evitando dañar tanto el sustrato como el hongo. Estos detalles también es compartido por (J. Sánchez & Royse, 2001), al señalar que; después de dos o tres días de la inducción para la fructificación, empiezan a aparecer los primordios, luego de cuatro a seis días después, dichos primordios están en madurez comercial, listos para ser cosechados y; para realizar la cosecha se debe observar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, pero sin que el borde del píleo se ponga totalmente plano o comience a enrizarse hacia arriba porque se demerita la calidad y se propicia la diseminación de esporas. La cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato; aunque en algunos lugares se prefiere tomar delicadamente los hongos con la mano, sin dañarlos y sin producir hoyos en el sustrato.

2.4.8.- Fructificación:

Es la formación del fruto y, en el caso del hongo *Pleurotus ostreatus* es la formación de la estructura reproductiva, llamado también carpóforo o cuerpo fructífero; al respecto (J. Sánchez & Royse, 2001) señalan:

“Después de la incubación, cuando el micelio ha colonizado el substrato de tal manera que ya no se distingue el aspecto ni la coloración del substrato inicial, sino que al contrario éste se ve como una masa compacta de superficie homogénea blanco-algodonosa, se deben realizar ciertos ajustes ambientales para inducir al micelio a formar cuerpos fructíferos. La fructificación se puede llevar a cabo en un área con condiciones controladas o, cuando las condiciones lo permiten, a la intemperie.”

2.4.9.- Eficiencia Biológica (EB):

Según (Melo de Carvalho et al., 2010); la eficiencia biológica es el principal parámetro para evaluar el rendimiento del cultivo de hongos y, esto depende principalmente de las características del material y las circunstancias en que se produce el proceso de crecimiento y se estima mediante la siguiente fórmula:

$$EB(\%) = \frac{\text{Peso total del hongo fresco}}{\text{Peso seco del sustrato inicial}} \times 100$$

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1.-Hipótesis General:

- Un sustrato, a base del césped residual de la poda de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao, permite la mejor producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*

3.1.2.-Hipótesis específica:

- La velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* es buena sobre un medio de cultivo comercial.
- El tiempo de invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre los granos de cereales es adecuada para la elaboración de la semilla o blanco.
- El sustrato según la relación C/N, a base del césped residual de jardines y viruta fina, influye en la producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

3.2 Definición conceptual de variables

Variable independiente o tratamientos (X): Sustratos a base del césped residual de jardines y viruta fina formulados según el balance de la relación C/N:

- Sustrato 1= 100% Césped
- Sustrato 2= A césped + B viruta fina (donde la relación C/N=30)
- Sustrato 3= B césped + A viruta fina
- Sustrato 4= 100% viruta fina

Variable respuesta o dependiente (Y): Producción de cuerpos fructíferos en gramos y, eficiencia biológica (%) de cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

3.2.1.- Operacionalización de variables

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN DE VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	MÉTODO Y TÉCNICA
X	Independiente	Sustratos a base del césped residual de jardines y viruta fina, formulados según el balance de la relación C/N.	Tratamientos: Sustrato 1 = 100% Césped Sustrato 2 = 63,5% césped + 36,5% viruta fina Sustrato 3 = 36,5% césped + 63,5% viruta fina Sustrato 4 = 100% viruta fina	Relación C/N de los sustratos: • S1: C/N= 20,37 • S2: C/N= 30 • S3: C/N= 43,4 • S4: C/N= 94,12	Cultivo en bolsas de los hongo sobre los diferentes sustratos esterilizados, con 5 réplicas de cada uno, es decir, con un arreglo de cuatro tratamientos y 5 réplicas por sustrato (4X5)
Y	Dependiente	Producción de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus afín ostreatus</i>	Producción del hongo según tipo de sustrato	• Peso fresco en g del hongo según tipo de sustrato • Eficiencia biológica (%)	Observación directa, cosecha de cuerpos fructíferos del hongo por tipo de sustrato y, pesado en una balanza de precisión. Resultados validados con la técnica estadística de media aritmética, desviación estándar y, análisis de varianza (ANOVA)

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo es una investigación aplicada, experimental, correlacional y explicativa. Los datos de producción de los hongos comestibles según tipo de sustratos validados con la técnica estadística de la media aritmética, desviación estándar y, análisis de varianza (ANOVA), permitió determinar el mejor sustrato, a base del césped residual de la poda de jardines de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao, para el cultivo de la cepa comercial de *Pleurotus ostreatus*.

4.2 Método de investigación

Para lograr los objetivos planteados en el presente trabajo, se investigó experimentalmente el efecto de diferentes sustratos (variable independiente), elaborados según el balance de la relación C/N a base del césped residual de jardines y viruta fina, sobre la producción de cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (variable dependiente); para lo cual primero se realizó la caracterización sobre la velocidad de crecimiento del hongo sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa y, se evaluó el tiempo de invasión del micelio sobre granos de cebada y/o trigo para la elaboración de la semilla o blanco; la semilla o blanco del hongo se inoculó al 5% del peso húmedo de los sustratos (1 kg) y, se mantuvieron en oscuridad hasta la invasión del micelio; luego se les expuso a la luz para la inducción del fructificado y; finalmente se realizaron la cosecha y pesado de los hongos frescos según tipo de sustrato. El cultivo del hongo fue en bolsas bajo las condiciones ambientales de un invernadero rústico en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del

Callao y, con un arreglo de 4 tratamientos (tipo de sustrato) con 5 réplicas de cada uno (4x5) y; los datos obtenidos fueron validados con la técnica estadística de media aritmética, desviación estándar y, análisis de varianza (ANOVA).

4.3 Población y muestra

En relación al hongo comestible la población es el *Pleurotus ostreatus* y, en relación al sustrato es el césped residual de la poda de jardines de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao y la viruta fina de una maderera de Lima.

La muestra del hongo comestible es la cepa comercial de *Pleurotus ostreatus*, facilitado por el investigador Dr. Ladislao Ruíz Rengifo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Tingo María- Perú); la muestra de césped residual fue obtenida de la poda realizada en el mes de abril y; la viruta fina obtenida en forma aleatoria de un aserradero de Lima.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El trabajo fue realizado en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales y, en un invernadero rústico de; la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao. El periodo del trabajo de investigación fue durante los años 2018 y 2019.

4.5 Técnicas e Instrumentos para la recolección de la información

4.5.1.- Determinación de la velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus*

Según (Suárez & Holguin, 2011), el mejor medio de cultivo para el crecimiento del micelio de los hongos comestibles es el agar papa dextrosa; por ello en el

presente trabajo se realizó el cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre dicho medio de cultivo para determinar su velocidad de crecimiento:

- Se preparó el medio de cultivo comercial Potato Dextrosa Agar (Agar papa dextrosa) HIMEDIA, según la indicación de uso: 39,0 g en 1000 ml de agua destilada.
- Se esterilizó en la autoclave digital de precisión $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a 121°C por 15 minutos.
- Se dejó enfriar a una temperatura de 45 a 50°C y se procedió a distribuir, en placas de Petri, previamente esterilizadas a 180°C por 30 minutos en la estufa BINDER, en una cantidad de 20 a 25 ml por placas cerca de un mechero de bunsen.
- Se dejó solidificar y se sembró por puntura con el asa de siembra el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, en el centro de la superficie del medio de cultivo.
- El sembrado se realizó en placas de Petri (cinco réplicas) y se incubó a 28°C en una incubadora refrigerada FOC 225E.
- En el día 10 de cultivo se midió con una regla el diámetro del crecimiento de las colonias.
- La velocidad de crecimiento se determinó dividiendo el diámetro en mm de la colonia entre el número de días (mm/día).

4.5.2.- Producción de la Semilla o blanco de Pleurotus ostreatus

La semilla del hongo se elaboró teniendo en cuenta los procedimientos utilizados por: (Gaitán-Hernández et al., 2006), Pavlich et al. (2001) y, Quispe Silva (1995):

- Los granos del cereal, obtenidos de un mercado local, se lavó con abundante agua y, considerando el desconocimiento de su procedencia se lavó hasta 5 veces.
- Se dejó sumergido en agua por toda una noche (24 horas aproximadamente).
- Se enjuagó con agua potable
- Se filtró con la ayuda de un colador de cocina y se dejó orear por unos 15 minutos aproximadamente
- Se agregó carbonato de calcio (1% del peso seco del grano) y se mezcló hasta una distribución homogénea.
- Se distribuyó 500 g del grano en bolsas de polipropileno (9x14x2) o botellas de boca ancha.
- Se esterilizó en la autoclave a 121 ° C, 15 lb de presión por 15 minutos.
- Se dejó enfriar y en cada bolsa se colocó trozo de agar invadida de micelio del hongo de 2 cm². El trabajo se realizó en una mesa desinfectada y cerca de un mechero.
- Se incubaron a 25 °C y, evaluadas cualitativamente la proliferación del micelio de *Pleurotus ostreatus* cada semana hasta la invasión total de los granos, es decir, el tiempo en días de la invasión total del micelio sobre los granos de cereales.

La elaboración de la semilla se realizó en un primer momento en bolsas de polipropileno y luego en botellas de vidrio de 1 lt de capacidad y, teniendo en cuenta el trabajo de (Suárez & Holguin, 2011), que determinaron que el mejor cereal para la producción de la semilla del hongo es el trigo y, el trabajo de (Narh,

Obodai, Baka, & Dzomeku, 2011), que determinaron que en los granos de sorgo y mijo en la proporción 3:1 se obtiene una buena invasión del hongo *Pleurotus ostreatus*; es que se realizó la proliferación del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre granos de trigo pelado, cebada sin tostar y, mezcla de cebada más trigo en la proporción de 3:1, con tres réplicas de cada uno.

4.5.3.- Formulación de sustratos según la relación C/N para el cultivo del Pleurotus ostreatus

Según (Huang, Wong, Wu, & Nagar, 2004) y, (Jhorar, Phogat, & Malik, 1991); la relación C/N óptima para obtener compostaje temprano y eficiente es de 30 y, según el informe del curso taller organizado por (Bioagricultura Casablanca, IGI/UNI, & Energía Desarrollo y Vida, 2002); la carga inicial para la obtención de biogás debe tener la relación C/N del pre compost muy cercano a 30. En base a la revisión de los trabajos anteriores, se procedió a formular sustratos en base a la relación C/N del césped residual de la poda de los jardines de la Universidad Nacional del Callao y viruta fina obtenida en forma aleatoria de un aserradero (de madera tornillo y bolaina). Y, para determinar la proporción del césped residual de jardines y el aserrín de acuerdo a la relación C/N óptimo, se empleó las fórmulas según el ITINTEC (Instituto de investigación Tecnológica Industrial y de normas técnicas) señaladas en el informe del curso taller organizado por (Bioagricultura Casablanca et al., 2002):

Fórmula para calcular el balance de carbono de la mezcla:

$$CQ = \frac{A.XA.CA + B.XB.CB}{10000}$$

CQ: carbono en la mezcla (%)

CA: % de carbono en peso seco del césped

CB: % de carbono en peso seco de la viruta fina

XA: % de sólidos totales del césped

XB: % de sólidos totales de la viruta fina

Fórmula para calcular el balance de nitrógeno de la carga:

$$NQ = \frac{A.XA.NA + B.XB.NB}{10000}$$

NQ: nitrógeno en la mezcla (Kg)

NA: % de nitrógeno en peso seco del césped

NB: % de nitrógeno en peso seco de la viruta fina

Para utilizar las fórmulas señaladas anteriormente se procedió a hallar los valores de CA, CB, NA, NB, XA y, XB. Los contenidos de %C y %N del césped residual de jardines y de la viruta fina fueron determinados por el laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Y, los sólidos totales fueron determinados en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad nacional del Callao de la siguiente manera:

- Se pesó 10 g de la muestra y, se secó en la estufa esterilizadora Binder a 105°C hasta obtener un peso constante.
- El peso obtenido es el sólido total y la diferencia la humedad de la muestra, los cuales son expresados en porcentaje.

Por lo tanto, los cuatro sustratos empleados para el cultivo del hongo fueron:

- S₁: césped (100%) determinar su relación C/N
- S₂: Césped (A%) + viruta fina (B%) de tal forma que la relación C/N sea igual a 30
- S₃: Césped (B) + viruta fina (A%) y determinar su relación C/N
- S₄: Aserrín (100%)

4.5.4.- Preparación del sustrato:

- El césped residual recolectado de la poda de los jardines de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao fue secado al sol entre 15 a 30 días aproximadamente.
- Se cortó manualmente con tijera en una longitud de 1 a 2 cm.
- El césped y la viruta fina fueron lavados y, se dejó humedeciendo toda una noche en agua potable
- Se escurrió manualmente hasta que por presión sólo caiga una a dos gotas y, se dejó orear por unos 30 minutos.
- Los cuatro diferentes sustratos elaborados fueron distribuidos en bolsas de polipropileno en cantidad de 1 kg de peso húmedo con la ayuda de una balanza de precisión. Cinco bolsas por cada tipo de sustrato
- Se esterilizaron las bolsas con sus respectivos sustratos en la autoclave a 121,5 °C por 20 minutos y, se dejó enfriar.
- Se llevó 10 gr de cada sustrato al laboratorio para determinar el porcentaje de humedad.

4.5.5.- Siembra de la semilla o blanco de Pleurotus ostreatus sobre los sustratos.

- En una mesa del laboratorio de Microbiología de la facultad de Ingeniería ambiental y de Recursos Naturales, previamente desinfectada con alcohol y con el mechero de Bunsen encendido, con la balanza de precisión

también desinfectada con alcohol, se pesó 50 g de semilla para cada bolsa (5% de inóculo)

- La semilla se distribuyó sobre la superficie del sustrato y se mezcló uniformemente hasta 4 cm de profundidad.
- La siembra se realizó sobre los 4 diferentes sustratos elaborados con 5 réplicas de cada uno (4x5)

4.5.6.- Cultivo del Pleurotus ostreatus sobre los diferentes sustratos elaborados a base del césped residual de jardines:

- Los sustratos inoculados se dejaron en condiciones rústicas de un invernadero ubicado en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao, desde el 4 de mayo hasta el 13 de julio del 2019, en un espacio oscuro adecuado durante las tres primeras semanas y luego expuestas a la luz.
- Al tercer día se realizaron 6 pinchazos en la parte superior de las bolsas, con el asa de siembra previamente esterilizada o flameada hasta el rojo en el mechero.
- Cada semana se observó el grado de proliferación del micelio sobre los sustratos.
- Después de lograr la invasión del micelio sobre el sustrato se abrieron las bolsas y, además se hicieron agujeros de 1 cm aproximadamente de diámetro con un bisturí estéril. Y, se les descubrió a la luz natural dentro del invernadero.
- Se realizó riego diario con agua potable con un aspersor.

- Los cuerpos fructíferos del hongo fueron cosechados con un bisturí previamente desinfectado con etanol comercial.
- Se midió el diámetro con una regla en cm y, el peso de los cuerpos fructíferos con una balanza de precisión.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Los datos obtenidos de los trabajos experimentales fueron procesados con las herramientas de la estadística descriptiva y, análisis de varianza (ANOVA) con un factor, empleando el programa Minitab versión 2015. Para determinar que la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* depende del sustrato sobre el cual es cultivado; se procedió a realizar la prueba de hipótesis según los pasos siguientes:

Paso 1:

Hipótesis nula:

H_0 = La producción de *Pleurotus ostreatus* en biomasa (g) es igual en los diferentes sustratos a base del césped residual de jardines de la Universidad Nacional del Callao.

$$H_0: \mu_{Tr1} = \mu_{Tr2} = \mu_{Tr3} = \mu_{Tr4}$$

Hipótesis alternativa:

H_1 = La producción de *Pleurotus ostreatus* en biomasa (g) es diferente en los sustratos a base del césped residual de jardines de la Universidad Nacional del Callao.

$$H_1: \mu_{Tr1} \neq \mu_{Tr2} \neq \mu_{Tr3} \neq \mu_{Tr4}$$

Paso 2:

$$\alpha=0,05$$

Paso 3:

$$F = \frac{SMTr}{SSE}$$

Dónde:

SMTr= Suma de cuadrado medio del tratamiento

SSE= Suma de cuadrado medio del error

Paso 4: Procesar los datos con el programa Minitab y, rechazar H_0 sí $P < \alpha$

Al rechazar la hipótesis nula se prueba que la producción del hongo comestible depende del sustrato a base del césped residual de jardines y, para determinar al mejor sustrato para el cultivo del *Pleurotus ostreatus* se obtiene del grado de influencia de los sustratos (tratamientos) sobre la producción de los cuerpos fructíferos del hongo, el cual se determinó calculando la diferencia del promedio de la eficiencia biológica de cada sustrato con respecto al promedio de la eficiencia biológica de todos los sustratos estudiados.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1.- Velocidad de crecimiento de Pleurotus ostreatus

La velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* fue de $7,8 \pm 0,274$, del cultivo sobre el agar papa dextrosa, incubado a una temperatura de 28 °C durante 10 días (ver tabla 28 y figura 4).

Tabla 28.

Velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* sobre agar papa dextrosa a 28°C por 10 días. Laboratorio de Microbiología FIARN/UNAC 24/4/2018

Nro. Placa de Petri	Diámetro (mm)	Velocidad de Crecimiento (mm/día)
1	80	8
2	75	7,5
3	75	6,5
4	80	8
5	80	8
Promedio	78,00	7,80
Varianza (S ²)	7,50	0,075
Desviación estándar (S)	2,739	0,274

Fuente: Propia



Figura 4.- Micelio de *Pleurotus ostreatus* comercial; proliferados sobre agar papa dextrosa de 10 días de cultivo a 28°C. 24/4/2018. Laboratorio de Microbiología FIARN/UNAC.

Fuente: Propia

5.1.2.- De la producción de semilla o blanco de Pleurotus ostreatus

La semilla o blanco del hongo *Pleurotus ostreatus* se obtuvo del cultivo sobre cebada sin tostar, trigo pelado y, mezcla de ambos en la proporción de 3:1 respectivamente. La invasión del micelio del hongo sobre los granos se logró en el día 15 a la temperatura de incubación de 25 °C, es decir, indistintamente a los granos estudiados la invasión del micelio se logró en el día 15 del cultivo, tanto en bolsas como en las botellas de vidrio (ver figura 5 y 6).

En la semana cuatro del cultivo; se observó deterioro de la semilla sobre los granos de trigo pelado, mientras que en los granos de cebada sin tostar y, de la mezcla se conservaron mejor.



a



b



c

Figura 5.- Cultivo de 15 días en bolsas del *Pleurotus ostreatus* sobre a) cebada sin tostar, b) trigo pelado y, c) Mezcla cebada más trigo (3:1). Se puede observar que hay una invasión total del micelio sobre los diferentes granos. Laboratorio de Microbiología FIARN/UNAC 20/11/2018.

Fuente: Propia



Figura 6.- Invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre granos de cebada sin tostar, trigo pelado y, mezcla de ambos (3:1). En el lado izquierdo es del cultivo de 1 semana y el derecho de 2 semanas de cultivo. Laboratorio de Microbiología FIARN/UNAC 21/01/2019.

Fuente: Propia

5.1.3.- Formulación y caracterización de los sustratos

El contenido de %C y %N del césped residual de la poda de las áreas verdes de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao y de la viruta fina, determinado por el laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes

de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (ver anexo 10.2 y 10.3), así como también los sólidos totales determinados en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao son presentados en la tabla 29.

Tabla 29.

Contenido de %C, %N, Relación C/N y, Sólidos totales del césped residual y de la viruta fina

Material	%C	%N	C/N	Sólidos Totales
Césped	46,86	2,3	20,37	24,2
Viruta fina	56,47	0,60	94,12	24,2

Fuente: Propia.

Reemplazando los datos de la tabla 30 en la fórmula de balance de la relación C/N y, considerando para el sustrato 2 de que la relación C/N es igual a 30, se determinó 63,5% de césped y 36,5 % de viruta fina y; para el sustrato 3, considerando 63,5% de viruta fina con 36,5% de césped, se determinó la relación C/N igual a 43,4. En la tabla 30, se resume la composición, porcentaje de humedad y, el balance de la relación C/N de los sustratos para el cultivo.

Tabla 30.

Composición y características de los sustratos elaborados para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Sustrato	Composición (%)	Humedad (%)	C/N
S1	100 % Césped	75,8	20,37
S2	63.5% Césped+36.5% viruta	75,8	30,00
S3	63.5% viruta+36.5% Césped	75,8	43,40
S4	100% viruta	75,8	94,12

Fuente: Propia

5.1.4.- Producción de cuerpos fructíferos de Pleurotus ostreatus sobre los diferentes sustratos a base del césped residual de jardines y viruta fina

Después del inóculo de la semilla de *Pleurotus ostreatus* sobre los diferentes sustratos, se evaluó semanalmente la invasión del micelio, así tenemos como resultado del cultivo de tres semanas: en la figura 7 la invasión del micelio sobre el sustrato de 100% de césped, en la figura 8 la invasión sobre el sustrato compuesta de 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina, en la figura 9 la invasión sobre el sustrato compuesta de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina y, en la figura 10 la invasión sobre el sustrato de 100% de viruta fina, notándose en ésta ultima una ligera mejor invasión frente a los sustratos anteriores. Sin embargo, en las semanas 4 y 5, la invasión del micelio se acentuó mejor sobre los tres primeros sustratos. En las figuras 11 y 12, se observa la invasión del micelio de 5 semanas de cultivo, totalmente descubiertas de las bolsas con el objetivo de inducir el fructificado de los hongos comestibles y, en la figura 13 sobre el sustrato 100 % de viruta fina, el micelio en decrecimiento.



Figura 7.- Invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre sustrato de 100 % de césped. Cultivo de tres semanas. Universidad Nacional del Callao 25/05/2019.

Fuente: Propia



Figura 8.- Invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesta de 63,5 % de césped 36,5 % de viruta fina. Cultivo de 3 semanas. Universidad Nacional del Callao 25/05/2019

Fuente: Propia



Figura 9.- Invasión del micelio *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesta de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina. Cultivo de 3 semanas. Universidad Nacional del Callao 25/05/2019.

Fuente: Propia



Figura 10.- Invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesto de 100 % de viruta fina. Cultivo de 3 semanas. Universidad Nacional del Callao 25/05/2019.

Fuente: Propia



Figura 11.- Invasión del micelio *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesta de 100 % de césped. Cultivo de 5 semanas. Universidad Nacional del Callao 09/06/2019

Fuente: Propia



Figura 12.- Invasión del micelio *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesta de 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina. Cultivo de 5 semanas. Universidad Nacional del Callao 09/06/2019.

Fuente: Propia



Figura 13.- Invasión del micelio *Pleurotus ostreatus* sobre sustrato de 100 % de viruta fina. Cultivo de 5 semanas. Universidad Nacional del Callao 09/06/2019. Fuente: Propia

Las figuras 14, 15 y 16 corresponden a los hongos fructificados sobre los diferentes sustratos, es decir, sobre el S1, S2 y S3 respectivamente y, en la figura 17, se observa las cinco bolsas del sustrato de 100 % de viruta fina, donde no hay crecimiento del hongo después de 8 semanas de cultivo.



Figura 14.- Cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* sobre sustrato de césped (100%) cultivo de 8 semanas. Universidad Nacional del Callao 29/06/2019.

Fuente: Propia



Figura 15.- Cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesta de 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina. Cultivo de 8 semanas. Universidad Nacional del Callao 29/06/2019.

Fuente: Propia



Figura 16.- Cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* sobre sustrato compuesta de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina. Cultivo de 8 semanas. Universidad Nacional del Callao 29/06/2019.

Fuente: Propia



Figura 17.- *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato de 100 % de viruta fina. Cultivo de 8 semanas. Universidad Nacional del Callao 29/06/2019.

Fuente: Propia

El tiempo de invasión del micelio del hongo sobre el sustrato, tiempo de aparición de primordios, producción de cuerpos fructíferos por cosecha, producción promedio de la cosecha por sustrato, longitud promedio del diámetro del carpóforo y la eficiencia biológica según sustrato; se puede observar: en la tabla 31 del sustrato 1 (100 % césped), en la tabla 32 del sustrato 2 compuesta de 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina y, en la tabla 33 del sustrato 3 compuesta de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina. Del sustrato 4, compuesto de 100 % de viruta fina, no se logró la producción de cuerpos fructíferos durante el tiempo de cultivo que fue de 10 semanas.

Finalmente, en la tabla 34, se resume y se compara la producción promedio de cuerpos fructíferos por kg de sustrato, la Eficiencia biológica y, el diámetro promedio del carpóforo según el sustrato donde fueron cultivados los hongos:

Tabla 31.

Tiempo de invasión y aparición de primordios, longitud promedio del carpóforo, producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesta de 100 % de césped.

N° de Réplica	Tiempo de invasión del sustrato (días)*	Aparición de primordios (días)*	1 ^{ra} Cosecha ** día 45 (g)	2 ^{da} Cosecha ** día 55 (g)**	3 ^{ra} Cosecha ** día 59 (g)	Diámetro promedio de carpóforo (cm)	Producción Total de carpóforos (g)	Eficiencia Biológica (%)
1	35	42	112	80	40	6,17	232	95,868
2	35	42	100	60	50	5,57	210	86,777
3	35	42	70	45	30	4,87	145	59,917
4	35	42	102	90	35	5,77	227	93,802
5	35	42	90	50	45	5,1	185	76,446
Promedio			94,800	65,000	40,000	5,496	199,800	82,562

* El tiempo en días de la invasión total del micelio sobre el sustrato y aparición de los primordios es; contado desde el día de la siembra del blanco o semilla sobre el 1 kg del sustrato que fue el 4 de mayo del 2019.

** La primera cosecha se realizó el 25 de junio, la segunda cosecha el 5 de julio y, la tercera cosecha el 11 de julio del 2019.

Fuente: Propia

Tabla 32.

Tiempo de invasión y aparición de primordios, longitud promedio del carpóforo, producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato compuesto de 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina.

N° de Réplica	Tiempo de invasión del sustrato (días)*	Aparición de primordios (días)*	1^{ra} Cosecha día 49** (g)	2^{da} Cosecha día 54** (g)	3^{ra} Cosecha día 56** (g)	Diámetro promedio de carpóforo (cm)	Producción Total de carpóforos (g)	Eficiencia Biológica (%)
1	35	42	33	38	23	5,97	94	38,843
2	35	42	49	43	35	5,53	127	52,479
3	35	42	49	56	36	5,93	141	58,264
4	35	42	23	58	45	5,1	126	52,066
5	35	42	23	47	31	5,63	101	41,736
Promedio			35,4	48,4	34,00	5,632	117,8	48,678

* El tiempo en días de la invasión total del micelio sobre el sustrato y aparición de los primordios es; contado desde el día de la siembra del blanco o semilla sobre el 1 kg del sustrato que fue el 4 de mayo del 2019.

** La primera cosecha se realizó el 29 de junio, la segunda cosecha el 4 de julio y, la tercera cosecha el 8 de julio del 2019.

Fuente: Propia

Tabla 33.

Tiempo de invasión y aparición de primordios, longitud promedio del carpóforo, producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre el sustrato compuesto de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina.

N° de Réplica	Tiempo de invasión del sustrato (días)*	Aparición de primordios (días)*	1^{ra} Cosecha día 54** (g)	2^{da} Cosecha día 61** (g)	3^{ra} Cosecha día 68** (g)	Diámetro promedio de carpóforo (cm)	Producción Total de carpóforos (g)	Eficiencia Biológica (%)
1	35	49	32	21	-	4,79	53	21,901
2	35	49	23	18	-	4,49	41	16,942
3	35	49	41	33	-	5,92	74	30,579
4	35	49	28	22	-	5,29	50	20,661
5	35	49	16	15	-	3,93	31	12,810
Promedio			28,00	21,80	-	4,874	49,80	20,579

* El tiempo en días de la invasión total del micelio sobre el sustrato y aparición de los primordios es; contado desde el día de la siembra del blanco o semilla sobre el 1 kg del sustrato que fue el 4 de mayo del 2019.

** La primera cosecha se realizó el 6 de julio, la segunda cosecha el 13 de julio del 2019.

Fuente: Propia

Tabla 34.

Comparación de la producción promedio (g), Eficiencia Biológica (%) y diámetro promedio de los cuerpos fructíferos (cm) de *Pleurotus ostreatus* según sustrato

N° de Réplica	Producción del hongo (g) según sustrato			
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3	Sustrato 4
1	232	94	53	0
2	210	127	41	0
3	145	141	74	0
4	227	126	50	0
5	185	101	31	0
Producción Promedio (g de carpóforo/Kg de sustrato)	199,800	117,800	49,800	0
Eficiencia Biológica (%) Promedio	82,562	48,678	20,579	0
Diámetro carpóforo (cm) Promedio	5,496	5,632	4,874	0

Sustrato 1: 100% césped; Sustrato 2: 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina; Sustrato 3: 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina y; Sustrato 4: 100 % de viruta fina.

Fuente: Propia

5.2 Resultados Inferenciales

Con los datos de producción de cuerpos fructíferos (g) del *Pleurotus ostreatus* (variable respuesta) según el tipo de sustrato (tratamientos) presentado en la tabla 34, se procedió a la prueba de hipótesis con el ANOVA de un solo factor utilizando el Minitab versión 2015. En la tabla 35 se muestra los resultados del

cálculo del arreglo por bloque aleatorio de 4x5, es decir, de los cuatro tratamientos con 5 observaciones de cada uno (réplicas).

Tabla 35.

Resultados del ANOVA unidireccional ($\alpha=0,05$): Producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* vs. Tratamiento

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	3	112656	37552	78,35	0,000
Error	16	7668	479		
Total	19	120325			

Fuente: Propia

Según los resultados de la tabla 35, se observa que $P < \alpha$ y el valor de F es elevado, lo cual significa rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, es decir, hay un 95% de confianza que la producción de los cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* varía según los sustratos utilizados para el cultivo en el presente trabajo. Y, para visualizar al mejor sustrato para la producción del hongo comestible en base a la eficiencia biológica, se determinó el grado de influencia de los sustratos (tratamientos) sobre la producción del hongo, calculando la diferencia del promedio de la eficiencia biológica de cada sustrato con respecto al promedio de la eficiencia biológica de todos los sustratos estudiados (ver tabla 36).

En la figura 18 se puede observar gráficamente el efecto de los diferentes sustratos en la producción de los cuerpos fructíferos del hongo en base a la eficiencia biológica; determinándose que el mejor sustrato para la producción del hongo comestible es el sustrato 1 con una eficiencia biológica de 82,562%, luego

le sigue el sustrato 2 con una eficiencia biológica de 48,678 %, el sustrato 3 con una eficiencia biológica de 20,579% y, el sustrato 4 sin producción.

Tabla 36.

Grado de influencia de los sustratos (Tratamientos) sobre la producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* en base al promedio de la eficiencia biológica.

Sustrato	C/N	Producción promedio (g)	Eficiencia Biológica Promedio EBS (%)	Influencia del sustrato en la Producción (EBS-EBP)
S ₁	20,37	199,800	82,562	44,607
S ₂	30,00	117,800	48,678	10,723
S ₃	43,4	49,800	20,579	-17,376
S ₄	94,12	0,00	0,00	-37,955
Promedio	43,40	91,850	37,955	

Fuente: Propia

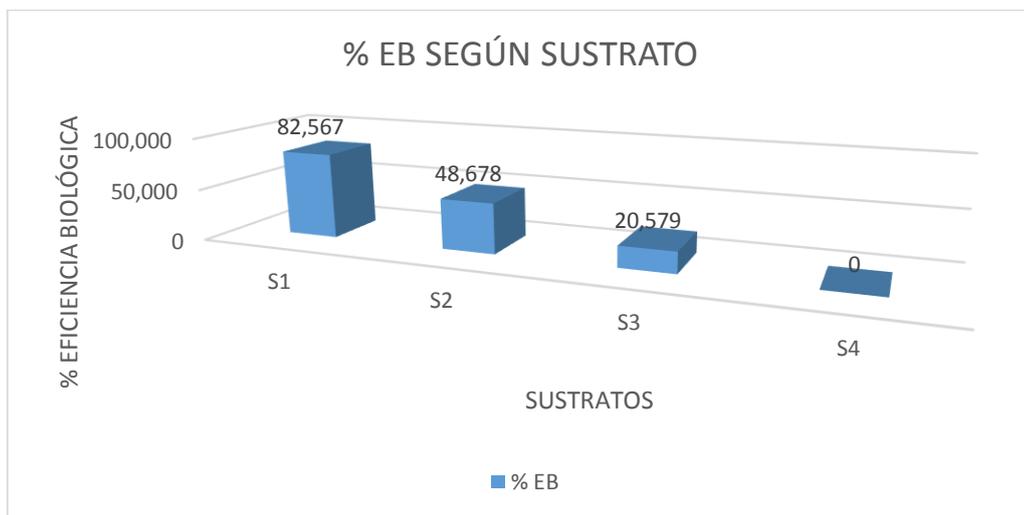


Figura 18.- Producción promedio medido con la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* según tipo de sustrato. S1: 100% de césped, S2: 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina, S3: 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina y, S4: 100% de viruta fina.

Fuente: Propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

En la hipótesis general del presente trabajo de investigación se señaló que; hay un sustrato, a base del césped residual de la poda de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao, que permite la mejor producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Y, según los resultados del trabajo experimental, se demostró que efectivamente la producción y por ende la eficiencia biológica del cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* varió según los cuatro sustratos estudiados como tratamiento; resultado que fue validado estadísticamente con el análisis de varianza (ANOVA) para un valor de α igual a 0,05 ($\alpha=0,05$), lo cual permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. Entonces, utilizando las herramientas de la estadística descriptiva y el ANOVA se determinó que: el mejor sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* resultó ser el sustrato 1, compuesta de 100 % de césped residual de la poda de jardines, con un balance de C/N de 20,37, porque permitió la producción promedio de 199,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo, con un promedio de eficiencia biológica de 82,562 % y, con un grado de influencia en la producción de 44,607% y; luego continua el sustrato 2 compuesta de 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina, con un balance de C/N de 30, que permitió una producción promedio de 117,800 g de cuerpos fructíferos/kg de sustrato húmedo, con una eficiencia biológica promedio de 48,678% y, con un grado de influencia de 10,723%. El sustrato 3 compuesta de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina, con un balance de C/N igual a 43,4, permitió una baja producción promedio de

49,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/Kg de sustrato húmedo, con una eficiencia biológica de 20,579 % y, finalmente el sustrato 4 compuesto de 100% de viruta fina que no permitió el crecimiento y producción de cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

La primera hipótesis específica fue que; la velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* es buena sobre un medio de cultivo comercial. Y, según los resultados experimentales se demuestra que: la velocidad de crecimiento en promedio del *Pleurotus ostreatus* sobre el medio de cultivo comercial Potato Dextrosa Agar (Agar papa dextrosa) HIMEDIA incubado a 28,0 °C, fue de 7,80 mm/día $\pm 0,274$.

La segunda hipótesis específica fue que; el tiempo de invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre los granos de cereales es adecuada para la elaboración de la semilla o blanco. Según los resultados se determinaron que; la invasión del micelio sobre los granos de cebada sin tostar, trigo pelado y/o, sobre la mezcla de los granos en la proporción de 3:1, indistintamente a los granos estudiados, fue de 15 días de un cultivo incubado a 25°C.

La tercera hipótesis específica fue que; el sustrato según la relación C/N, a base del césped residual de jardines y viruta fina, influye en la producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Y, según los resultados experimentales, se demuestra que la producción y eficiencia biológica del cultivo *Pleurotus ostreatus* fue influenciado por el balance de la relación C/N de los sustratos a base del césped residual de jardines y viruta fina: el sustrato S1 de relación C/N igual a 20,37 permitió una producción promedio de 199,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo y 82,562% de eficiencia biológica, el sustrato 2 de relación C/N

igual 30 permitió una producción promedio de 117,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo y una eficiencia biológica de 48,678 %, el sustrato 3 con relación C/N permitió una producción promedio de 49,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/ kg de sustrato húmedo y una eficiencia biológica de 20,579% y, el sustrato 4 de relación C/N igual a 94,12 que no permitió la producción de cuerpos fructíferos.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Según los resultados experimentales se determinó que el mejor sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* fue el sustrato 1, compuesta de 100% de césped residual de la poda de los jardines de la Universidad Nacional del Callao, con el cual se obtuvo una producción de 199,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo y una eficiencia biológica de 82,562%; mientras que con el sustrato 4, compuesta de 100% de viruta fina, no hubo producción. Para comparar éste resultado, no se ha encontrado un trabajo de investigación donde se haya utilizado específicamente el césped residual de jardines como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, sin embargo, hay quienes han empleado paja de malezas como sustrato, así tenemos a: (Rodrigo Iossi et al., 2018), que logró una eficiencia biológica de 79,75% al cultivar *Pleurotus ostreatus* var. Florida sobre paja de maleza *Brachiaria sp.* (planta forrajera de África), (Aguinaga, 2012) reportó una eficiencia biológica de 0,1% al cultivar éste hongo sobre un sustrato de mezclas forrajeras, (Forero et al., 2008) lograron una eficiencia biológica de 45,45% al cultivar sobre el sustrato de pasto corte King grass mezclado con salvado de trigo; todos éstos resultados son inferiores a lo logrado en el

presente trabajo, pero en la India (Das & Mukherjee, 2007) al cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre siete diferentes especies de malezas como sustratos, lograron de 22,9 % hasta 139,0 % de eficiencia biológica y, determinaron que la mejor eficiencia biológica fue con *Leontotis sp.* suplementado con paja de trigo (1:1). La mejor eficiencia biológica de 82,562% lograda con el sustrato 1, en condiciones rústicas de un invernadero de la Universidad Nacional del Callao, es bueno desde un punto de vista de rentabilidad en la actividad productiva, esto basado en lo señalado por (Rios, Hoyos, & Mosquera, 2010) y (Bermudéz, García, & Murlot, 2007) que, debe considerarse una producción aceptable si la eficiencia biológica alcanza valores mínimos del 40 % para los cultivos comerciales de *Pleurotus ostreatus*; así mismo (Aguinaga, 2012) obtuvo la mejor eficiencia biológica de 40,5%, y determinó un TIR igual a 21,0 % y la relación beneficio/costo de 1,28 con el cual demostró la viabilidad económica del cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. En relación al sustrato 4 compuesta de 100% de viruta fina, donde no hubo producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*, sólo es comparable con el resultado de (Ríos-Ruiz et al., 2017) que tampoco logró la producción del hongo al cultivar sobre aserrín, sin embargo, (Albán Márquez, 2018) reportó una eficiencia biológica de 44,97% al cultivar sobre viruta de la madera bolaina blanca, así como otros investigadores que lograron producción del hongo sobre aserrín: (Onyeka & Okehie, 2018) con 27,5 % de eficiencia biológica, (Girmay et al., 2016) con 9,73% de eficiencia biológica, (Sharma et al., 2013) con 61,96 %, (Buah et al., 2010) con 85,69 %, (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008) con 4,8 % de eficiencia biológica y, (Shah et al., 2004) con 64,69 % de eficiencia biológica. Con el sustrato 2 y 3, compuestas de la mezcla de césped residual y viruta fina, la eficiencia biológica

lograda fue de 48,678 % y 20,579 % respectivamente, notándose que el sustrato que contiene mayor cantidad de viruta fina es el que tiene menor eficiencia biológica, es decir, teniendo en cuenta que el sustrato 4 no permitió la producción de cuerpos fructíferos, los resultados señalan un efecto inhibitorio de parte de la viruta fina.

En relación a la velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* sobre el medio de cultivo comercial Potato Dextrosa Agar (Agar papa dextrosa) HIMEDIA incubado a 28,0 °C, fue en promedio $7,80 \pm 0,274$ mm/día; resultado que supera lo obtenido por (Suárez & Holguin, 2011), quienes determinaron una velocidad de crecimiento promedio de 4,5 mm/día sobre el mismo medio de cultivo y, velocidades de crecimiento menores de 4,16 mm/día y 2,48 sobre los medios de cultivo comerciales OGY (agar glucosa extracto de levadura oxitetraciclina) y el agar Sabouraud respectivamente; sin embargo se debe considerar que la temperatura de incubación fue de 22°C frente a 28°C de incubación realizada en éste trabajo. Una mejor velocidad de crecimiento de una cepa de *Pleurotus ostreatus* fue lograda por (Rios et al., 2010) al inocular con agar de 5 mm de lado con micelio sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa, incubado a 25 °C durante 10 días, determinando 11,2 mm/día como velocidad de crecimiento; en éste caso hay que considerar que el tamaño del inóculo fue agar invadido de micelio de 5 mm de lado, el cual es mayor al inóculo en el presente trabajo porque se colocó sólo por puntura. Según los resultados obtenidos por (Suárez & Holguin, 2011), el mejor medio de cultivo comercial para la proliferación del micelio de *Pleurotus ostreatus* es el agar papa dextrosa, sin embargo, según los resultados de (Bermudéz et al., 2007), existen otros medios de cultivos que permiten una buena invasión del micelio, ya

que para la cepa *Pleurotus ostreatus* CCEBI3021 logró una velocidad de crecimiento de 10,12 mm/día sobre el agar extracto de malta, 9,72 mm/día sobre el agar extracto de pulpa de café y, una menor velocidad de crecimiento de 7,55 mm/día sobre el agar papa dextrosa; resultados después de inocular agar con micelio de 8 mm de lado e incubado a 25°C.

El tiempo de invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre granos de trigo pelado, cebada sin tostar y, mezcla de cebada más trigo (3:1), fue eficiente a 25 °C de incubación, ya que se logró la invasión total del micelio sobre los granos en dos semanas (15 días). El tipo de grano de cereal utilizado no influyó sobre la proliferación del micelio del hongo, coincidiendo en tal sentido con (Rios et al., 2010), quienes obtuvieron la semilla (invasión total) de *Pleurotus ostreatus* sobre cebada después de incubar a 25°C, en 20 días y, a su vez señalaron que lo hallado coincide con otros granos tales como trigo, sorgo, mijo, centeno y, arroz. Sin embargo, (Suárez y Holguin, 2011), aplicando como inóculo 3 a 4 trozos de 1 cm² de agar invadido de micelio del hongo sobre trigo, cebada, millo o maíz amarillo e, incubando a 22 °C, hallaron que sí hay influencia del tipo de cereal, al determinar que el mejor grano para la proliferación de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* es el trigo con una invasión total del micelio en dos semanas (15 días), seguido por la cebada con una invasión total del micelio en tres semanas y, finalmente los granos de millo y maíz amarillo con un crecimiento lento del micelio porque se demoraron más de seis semanas en la invasión total. La influencia del grano de cereales sobre el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* también ha sido estudiado por (Narh et al., 2011); inoculando 1 cm² de agar invadido de micelio

sobre granos de semilla de sorgo, mijo y, mezcla de sorgo y mijo en la proporción de 3:1 y 1:3 e, incubando a 28 °C determinaron que; la mejor formulación de semillas fue de 75% de sorgo más 25% de mijo porque en sólo 16 días hubo invasión total del micelio, luego le sigue sorgo porque la invasión total fue en 18 días y, finalmente la invasión del micelio sobre los otros granos fueron superiores a 20 días. Según (Suárez & Holguin, 2011) y, (Narh et al., 2011), coinciden que el mejor cereal es aquella que es invadida en dos semanas, lo cual también se logró en el presente trabajo, sobre los granos de trigo, cebada y, mezcla de cebada más trigo (3:1).

En relación a la influencia del balance de la relación C/N del sustrato sobre la eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* se determinó que; la relación C/N de 20,37 del sustrato permitió una eficiencia biológica de 82,562 %, la relación C/N de 30 permitió una eficiencia biológica de 48,678 %, la relación C/N de 43,4 % una eficiencia biológica de 20, 579% y, la relación C/N de 94,12 del sustrato 4 no permitió la producción de cuerpos fructíferos del hongo y por consiguiente 0,0% de eficiencia biológica; notándose claramente que conforme se eleva el balance de la relación C/N del sustrato, la producción de cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus* disminuye. El resultado obtenido se contradice con lo señalado por (Marcelo Barba Bellettini et al., 2016), quienes realizaron una revisión sobre la influencia de diferentes factores sobre el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y, determinaron que la relación C/N de 28 a 30 es la apropiada para la producción de éste hongo; por otro lado (Ruilova et al., 2017), experimentalmente determinaron que una relación C/N de 33,21 hasta 57,81 permite una eficiencia biológica estadísticamente sin diferencias significativas, logrando la mejor eficiencia biológica

de 177,37 % con el sustrato de relación C/N igual 47,99 y, además señalaron que los sustratos de C/N de 72,40 y 104,63 presentaron una disminución en la producción de éste hongo, coincidiendo éste último, con los resultados del presente trabajo, que a mayor relación C/N la producción del hongo disminuye. Resultados de otros trabajos, aunque no analizaron la influencia de éste factor en la producción del hongo, coinciden en que una relación C/N elevada da como resultado una disminución en la eficiencia biológica, así tenemos a (Jin et al., 2018), al cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos de relación C/N de 36,85 a 53,42 lograron la mejor eficiencia biológica de 97,8% con C/N igual a 36,85, (Hoa et al., 2015) al cultivar sobre sustratos de relación C/N de 34,57 a 51,7 lograron la mejor eficiencia biológica de 66,08 % con el sustrato de C/N igual a 34,57, (Sánchez Vélez, 2013) al cultivar sobre sustratos de relación C/N de 69,21 a 81,60 lograron una baja eficiencia biológica de 11,9 % a 2,953%, (Varnero et al., 2010) de los sustratos de relación C/N de 147 a 1277 reportaron la mejor eficiencia biológica con el sustrato de C/N más bajo, (Gea et al., 2009) de cultivar sobre los sustratos de relación C/N de 79,3, 52,3 y, 41,9, señalaron que la primera presentó la eficiencia biológica más baja; todos éstos resultados citados anteriormente, lograron las mejores eficiencias biológicas con los sustratos de relación C/N cercanos o ligeramente superiores a 30, sin embargo en el presente trabajo se logró la mejor eficiencia biológica con el sustrato de relación C/N igual a 20,37 frente a los otros sustratos de relación C/N de 30, 43,4 y, 94,12. Otros investigadores determinaron la eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* al cultivarlo sobre diferentes sustratos pero sin considerar su relación C/N, así tenemos: (Onyeka & Okehie, 2018) señala la mejor eficiencia biológica de 46,31 % sobre un sustrato de la mezcla de aserrín más

cáscara de yuca (3:1), (Rodrigo Iossi et al., 2018) la mejor eficiencia biológica de 74,75% sobre el sustrato de la maleza *Brachiaria sp.*, (Girmay et al., 2016) 74,17% sobre el sustrato semilla de algodón, (Aguinaga, 2012) 40,5% sobre bagazo de caña de azúcar, (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008) 48,41 % sobre un sustrato de mezcla de bagazo de caña de azúcar con tallo de maíz, aserrín residual de establo y sobras de café; pero todos éstos resultados son inferiores a lo logrado en éste trabajo, sin embargo, otros investigadores lograron igual o mejores eficiencias biológicas: (Sharma et al., 2013) lograron 95,46 % sobre un sustrato de paja de arroz, (Romero et al., 2010) 129,34 % y 123,30 sobre paja de trigo y hoja de plátano respectivamente, (Buah et al., 2010) 91,21 % sobre mazorca de maíz molido y, (Cayetano-Catarino, Maricela y Bernabé-González, 2008) 99,8 % sobre residuos de plátano fresco. En el Perú, (Albán Márquez, 2018) reportó 44,97 % de eficiencia biológica al cultivar sobre viruta de la madera bolaina blanca, (Ríos-Ruiz et al., 2017) 18,20 % sobre pulpa de café y, (Muñoz, 2017) reportó 81,1 % sobre panca de maíz y 75,3 % sobre paja de arroz.

6.3 Responsabilidad ética

En el presente trabajo de investigación el objeto de estudio no incluye seres humanos y/o animales, y los resultados del experimento traen beneficios para la sociedad y el ambiente sin perjuicio alguno. Para la realización de los experimentos en el laboratorio se tomaron en cuenta las medidas de bioseguridad según el manual de la OMS. Además, está basado en un profundo conocimiento de la bibliografía científica.

CONCLUSIONES

- La producción y en consecuencia la eficiencia biológica del cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* varió según los cuatro sustratos estudiados en el presente trabajo, el cual fue validado estadísticamente con el análisis de varianza (ANOVA) para α igual a 0,05 ($\alpha=0,05$), determinándose que el mejor sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* resultó ser el sustrato 1, compuesta de 100 % de césped residual de la poda de jardines de la Universidad Nacional del Callao, con una producción promedio de 199,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo, una eficiencia biológica promedio de 82,562 % y, con un grado de influencia en la producción de 44,607%; luego continua el sustrato 2 compuesta de 63,5 % de césped con 36,5 % de viruta fina, con una producción promedio de 117,800 g de cuerpos fructíferos/kg de sustrato húmedo, eficiencia biológica promedio de 48,678% y, con un grado de influencia de 10,723%; seguido por el sustrato 3, compuesta de 36,5 % de césped con 63,5 % de viruta fina, con una producción promedio de 49,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo y una eficiencia biológica de 20,579 % y; finalmente el sustrato 4 compuesta de 100% de viruta fina que no permitió producción de cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.
- En relación a la proliferación del micelio del hongo sobre un medio de cultivo comercial; se determinó que la velocidad de crecimiento en promedio a una temperatura de 28°C del *Pleurotus ostreatus*, sobre el

medio de cultivo Potato Dextrosa Agar (Agar papa dextrosa) HIMEDIA, fue de 7,80 mm/día $\pm 0,274$.

- En la elaboración de la semilla o blanco del hongo; se determinó que el tiempo de invasión del micelio fue igual sobre los granos de cebada sin tostar, trigo pelado y, sobre la mezcla de los granos anteriores en la proporción de 3:1, lográndose la invasión total en 15 días de cultivo a 25 °C de incubación.
- Según la influencia del balance de la relación C/N del sustrato en la producción y eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, se determinó que el sustrato de relación C/N de 20,37 es la que permitió la mejor producción y eficiencia biológica de 199,80 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo y 82,562% respectivamente, luego le sigue el sustrato de relación C/N de 30 con 117,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/kg de sustrato húmedo y una eficiencia biológica de 48,678 %, el sustrato de relación C/N de 43,4 permitió una producción promedio de 49,800 g de cuerpos fructíferos del hongo/ kg de sustrato húmedo y una eficiencia biológica de 20,579% y, el sustrato de relación C/N igual a 94,12 no permitió la producción de cuerpos fructíferos; es decir, conforme se eleva el valor de éste factor disminuye la producción de cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

RECOMENDACIONES

- Investigar un suplemento del césped residual de jardines como sustrato para mejorar la producción de cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.
- Determinar la velocidad de crecimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes medios de cultivos y, a diferentes temperaturas de incubación.
- Evaluar otros granos, de bajo costo económico, para la elaboración de la semilla o blanco del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.
- Evaluar la influencia, de más valores entre 20 y 40 del balance de la relación C/N del sustrato, sobre la producción y características nutritivas del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, N., Lau, C., & Ismail, S. M. (2016). Potential use of *Lentinus squarrosulus* mushroom as fermenting agent and source of natural antioxidant additive in livestock feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(5), 1459–1466. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25926021>
- Aguinaga, P. (2012). *Evaluación de Cuatro Sustratos para la Producción del Hongo Ostra (Pleurotus ostreatus) en Tres Ciclos de Producción en la Zona de Tambillo, Provincia de Pichincha*. Escuela Politécnica Nacional-Quito. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14623/1/CD-6793.pdf>
- Albán Márquez, L. (2018). *Cultivo del Hongo Ostra (Pleurotus ostreatus) en tres tipos de Residuos de la Madera de Bolaina Blanca (Guazuma crinita)*. Universidad Agraria La Molina. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3183/alban-marquez-lissete.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asaduzzaman, K., & Mousumi, T. (2012). Nutritional and medicinal importance of *Pleurotus* mushrooms: an overview. *Food Reviews International*, 28(3), 313–329. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.637267>
- Barba Bellettini, M, Assumpção Fiorda, F., & Bellettini, S. (2015). *Aspectos gerais do cultivo de cogumelo Pleurotus ostreatus e djamor pela técnica Jun–Cao. Guarapuava: Apprehendere.*

- Barba Bellettini, Marcelo, Assumpção Fiorda, F., Aparecida Maieves, H., Lopes Teixeira, G., Ávila, S., Silveira Hornung, P., ... Hoffmann Ribani, R. (2016). Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- Bermudéz, R. C., García, N., & Mourlot, A. (2007). Fermentación Sólida Para La Producción De *Pleurotus* Sp. Sobre Mezclas De Pulpa De Café Y Viruta De Cedro. *Tecnología Química ISSN 0041-8420*, 27, 55–62.
- Bioagricultura Casablanca, IGI/UNI, & Energía Desarrollo y Vida. (2002). *CursoTaller: Biodigestores y su Aplicación al Desarrollo*. Lima-Perú.
- Bobek, P., & Galbavý, S. (1999). The oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) effectively prevents the development of atherosclerosis in rabbits. *Ceska a Slovenska Farmacie: Casopis Ceske Farmaceuticke Spolecnosti a Slovenske Farmaceuticke Spolecnosti*, 48(5), 226–230. Retrieved from <https://europepmc.org/abstract/med/10566243>
- Buah, J., Van der Puije, G., Bediako, E., Abole, E., & Showemino, F. (2010). the Growth and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates. *Biotechnology*, 9(3), 338–342. Retrieved from <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/biotech/2010/338-342.pdf>
- Cabrera Córdova, V., & Rossi Luna, M. (2016). *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores*. Universidad Agraria La Molina. <https://doi.org/10.1038/nature10240>
- Cardoso, W. S., Queiroz, P. V., Tavares, G. P., Santos, F. A., Soares, F. E. de

- F., Kasuya, M. C. M., & Queiroz, J. H. de. (2018). Multi-enzyme complex of white rot fungi in saccharification of lignocellulosic material. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(4), 879–884. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.05.006>
- Cayetano-Catarino, Maricela y Bernabé-González, T. (2008). Cultivo de Pleurotus sobre residuos de las cosechas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y plátano (*Musa paradisiaca*). *Revista Mexicana de Micología.*, 26, 57–60. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802008000100009
- Curvetto, N. R., Figlas, D., Devalis, R., & Delmastro, S. (2002). Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N–NH₄⁺ and/or Mn (II). *Bioresource Technology*, 84(2), 171–176. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852402000135>
- Das, N., & Mukherjee, M. (2007). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. *Bioresource Technology*, 98(14), 2723–2726. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.061>
- Deepalakshmi, K., & Mirunalini, S. (2016). Efficacy of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P.kumm. on 7,12-dimethylbenz(a)anthracene induced mammary carcinogenesis in female Sprague-Dawley rats. *New Horizons in Translational Medicine*, 3(2), 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.nhtm.2016.06.002>
- Drozdowski, L. A., Reimer, R. A., Temelli, F., Bell, R. C., Vasanthan, T., &

- Thomson, A. B. R. (2010). β -Glucan extracts inhibit the in vitro intestinal uptake of long-chain fatty acids and cholesterol and down-regulate genes involved in lipogenesis and lipid transport in rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21(8), 695–701. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955286309000862?via%3Dihub>
- El-Batal, A. I., ElKenawy, N. M., Yassin, A. S., & Amin, M. A. (2015). Laccase production by *Pleurotus ostreatus* and its application in synthesis of gold nanoparticles. *Biotechnology Reports*, 5, 31–39. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X14000538>
- Fernandes, Â., Barros, L., Martins, A., Herbert, P., & Ferreira, I. (2015). Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate. *Food Chemistry*, 169, 396–400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.027>
- Forero, C., Hoyos, O., & Bazantes, W. (2008). Evaluacion de residuos de aji (*Capsicum spp.*) como sustrato en el produccion de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 6(1), 12. Retrieved from <http://revistabiotechnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotechnologia/article/viewFile/77/62>
- Gaitán-Hernández, R., Salmenes, D., Pérez-Merlo, R., & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. *Instituto de Ecología, AC, Xalapa, México*. Retrieved from

http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf

Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez-Merlo, R., & Mata, G. (2009).

Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada. *Instituto de Ecología A. C.*, 30(November), 63–71. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v30/v30a6.pdf>

Garzón Gómez, J. P., & Cuervo Andrade, J. L. (2008). Producción de *Pleurotus*

ostreatus sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *NOVA- Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*, 6(10), 126–140.

Retrieved from file:///C:/Users/USER/Desktop/Produccion_de_Pleurotus_ostreatus_sobre_residuos_s.pdf

Gea, F. J., Martínez-carrasco, A. y, & Navarro, M. J. (2009). Efecto de la

suplementación del sustrato sobre la cosecha de setas. *Horticultura Internacional*, 67(January), 31–40. Retrieved from

[file:///C:/Users/USER/Downloads/Efecto_de_la_suplementacion_del_sustrato_sobre_la_\(3\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Efecto_de_la_suplementacion_del_sustrato_sobre_la_(3).pdf)

Gil-Ramírez, A., Clavijo, C., Palanisamy, M., Ruiz-Rodríguez, A., Navarro-Rubio,

M., Pérez, M., ... Soler-Rivas, C. (2013). Study on the 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase inhibitory properties of *Agaricus bisporus* and extraction of bioactive fractions using pressurised solvent technologies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2789–2796.

Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23408460>

Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G., & Zewdie, S. (2016). Growth and yield

- performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0265-1>
- Hoa, H. T., Wang, C. L., & Wang, C. H. (2015). The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43(4), 423–434. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>
- Huang, G. F., Wong, J. W. C., Wu, Q. T., & Nagar, B. B. (2004). Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management*, 24(8), 805–813. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X04000753>
- Jhorar, B. S., Phogat, V., & Malik, R. S. (1991). Kinetics of composting rice straw with glue waste at different carbon: nitrogen ratios in a semiarid environment. *Arid Land Research and Management*, 5(4), 297–306. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15324989109381289?journalCode=uasr19>
- Jin, Z., Li, Y., Ren, J., & Qin, N. (2018). Yield, nutritional content, and antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* on corncobs supplemented with herb residues. *Mycobiology*, 46(1), 24–32. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1454014>
- Job, D. (2004). La utilización de la borra del café como substrato de base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer. *Revista Iberoamericana de Micología*, 21, 195–197. Retrieved from

<http://reviberoammicol.com/2004-21/195197.pdf>

Jwanny, E. W., Rashad, M. M., & Abdu, H. M. (1995). Solid-state fermentation of agricultural wastes into food through *Pleurotus* cultivation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 50(1), 71–78. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7626144>

Kothari, D., Patel, S., & Kim, S.-K. (2018). Anticancer and other therapeutic relevance of mushroom polysaccharides: A holistic appraisal. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 105, 377–394. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0753332218324934?via%3Dihub>

Kumari, D., & Achal, V. (2008). Effect of different substrates on the production and non-enzymatic antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom). *Life Science Journal*, 5(3), 73–76. Retrieved from http://www.sciencepub.net/life/life0503/12_life0503_73_76_Effect.pdf

Lechner, B. E., & Albertó, E. (2011). Search for new naturally occurring strains of *Pleurotus* to improve yields. *Pleurotus albidus* as a novel proposed species for mushroom production. *Revista Iberoamericana de Micología*, 28(4), 148–154. Retrieved from <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-micologia-290-articulo-search-for-new-naturally-occurring-S1130140611000027>

Li, W., Li, X., Yang, Y., Zhou, F., Liu, Y., Zhou, S., & Yu, H. (2015). Effects of different carbon sources and C/N values on nonvolatile taste components of *Pleurotus eryngii*. *International Journal of Food Science & Technology*,

- 50(11), 2360–2366. Retrieved from
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.12901>
- Liang, Z. C., Wu, C. Y., Shieh, Z. L., & Cheng, S. L. (2009). Utilization of grass plants for cultivation of *Pleurotus citrinopileatus*. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 63(4), 509–514.
<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.12.006>
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C., & Borrero, M. (2008). Evaluation of growth and production of *Pleurotus ostreatus* on different agroindustrials wastes of Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, 13(2), 128–137. Retrieved from
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832008000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Machado, A. R. G., Teixeira, M. F. S., de Souza Kirsch, L., Campelo, M. da C. L., & de Aguiar Oliveira, I. M. (2016). Nutritional value and proteases of *Lentinus citrinus* produced by solid state fermentation of lignocellulosic waste from tropical region. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(5), 621–627. Retrieved from
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X15001643>
- Magalhães, A. C., Moreira, B. R. D. A., & Zied, D. C. (2018). Axenic cultivation of *Pleurotus ostreatus* var . Florida in supplemented sugarcane bagasse briquettes. *Engenharia Agrícola*, 38(6), 835–843. Retrieved from
<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v38n6/1809-4430-eagri-38-06-0835.pdf>
- Marlina, L., Sukotjo, S., & Marsudi, S. (2015). Potential of Oil Palm Empty Fruit

- Bunch (EFB) as Media for Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus* Cultivation. *Procedia Chemistry*, 16, 427–431. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.074>
- Mejía, S. J., & Albertó, E. (2013). Heat treatment of wheat straw by immersion in hot water decreases mushroom yield in *Pleurotus ostreatus*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 30(2), 125–129. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S113014061200112X>
- Melo de Carvalho, C. S., Sales-Campos, C., & Nogueira de Andrade, M. C. (2010). Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a review of cultivation techniques. *Interciencia*, 35(3). Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/7ece/b30389cc118ebce6dbc28b1da6a7199421c1.pdf>
- Merlo, R., & Mata, G. (2005). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. *Revista Mexicana de Micología*, 20, 53–59. <https://doi.org/10.4270/ruc.2010216>
- Miles, P. G., & Chang, S.-T. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. CRC press. Retrieved from <https://www.crcpress.com/Mushrooms-Cultivation-Nutritional-Value-Medicinal-Effect-and-Environmental/Miles-Chang/p/book/9780849310430>
- Montoya, S. B., Julián Sánchez, Ó. T., & Levin, L. (2014). Evaluación de Actividades Endoglucanasa, Exoglucanasa, Lacasa y Lignina Peroxidasa en Diez Hongos de Pudrición Blanca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario*

- y *Agroindustrial*, 12(2), 115–124. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a13.pdf>
- Mosquera Castillo, J. S. (2017). *Plan de Mejoramiento para la Gestión de Biorresiduos Provenientes de la Poda de Césped y Corte de árboles de Siete Parques Urbanos de la Ciudad de Cali*. Universidad Autónoma de Occidente. Retrieved from <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/9645/1/T07314.pdf>
- Mukhopadhyay, R., Chatterjee, B. P., & Guha, A. K. (2002). Biochemical changes during fermentation of edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* in whey. *Process Biochemistry*, 38(5), 723–725. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032959202001929>
- Muñoz, E. (2017). *Comparativo de dos Sustratos y Cuatro Paquetes Tecnológicos Utilizados en la Producción Comercial de Pleurotus ostreatus*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2830/F01-M86-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nakatsuka, H., Oda, M., Hayashi, Y., & Tamura, K. (2016). Effects of fresh spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus* on soil micromorphology in Brazil. *Geoderma*, 269, 54–60. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706116300192>
- Narayan, R., Sahu, R. K., Kumar, S., Garg, S. K., Singh, C. S., & Kanaujia, R. S. (2009). Influence of different nitrogen rich supplements during cultivation of *Pleurotus florida* on corn cob substrate. *The Environmentalist*, 29(1), 1.

Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-008-9174-4>

- Narh, D. L., Obodai, M., Baka, D., & Dzomeku, M. (2011). The efficacy of sorghum and millet grains in spawn production and carpophore formation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex. Fr.) Kummer. *International Food Research Journal*, 18(3), 1143–1148. Retrieved from file:///C:/Users/USER/Downloads/41IFRJ-2010-289TheefficacyofsorghumandmilletgrainsinspawnNarhObodaletal2011.pdf
- Onyeka, E. U., & Okehie, M. A. (2018). Effect of substrate media on growth, yield and nutritional composition of domestically grown oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *African Journal of Plant Science*, 12(7), 141–147. <https://doi.org/10.5897/ajps2016.1445>
- Ortega Arias-carbajal, Grisel Maria; Bueno García, G., Betancourt Rodríguez, D., & Álvarez, Ivis; González, A. L. (2005). Biotransformacion de Residuos Lignocelulosicos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 36. Retrieved from <https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/sites/default/files/articulos/CB-2005-4-CB-084.pdf>
- Oyetayo, O. V, & Ariyo, O. O. (2013). Micro and macronutrient properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fries) cultivated on different wood substrates. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 147(898), 1–4. Retrieved from <http://jjbs.hu.edu.jo/files/v6n3/Paper Number8m.pdf>
- Pardo-Giménez, A., Carrasco, J., Pardo-González, J. E., Roncero, J. M., Álvarez-Ortí, M., & Cunha Zied, D. (2018). Recycling of the biomass waste defatted almond meal as a novel nutritional supplementation for cultivated edible

- mushrooms. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40(1), 1–9.
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.39341>
- Pardo A., Perona M.A., P. J. (2005). Utilización de raspón de uva en la elaboración de sustratos específicos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. *ITEA*, 101(1), 59–69. Retrieved from https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/1147/1/10532-1062_4.pdf
- Pavlich Herrera, M. (2001). Hongos Comestibles del Perú. *Biota Revista de Ciencias Biológicas*, XVIII(100), 2001.
- Pavlich, M., Barreto, N., Mostajo, M., Quispe, G., Chimey, C., & De la Rosa, S. (2001). Cultivo de Hongos Comestibles Nativos del Perú en Residuos Lignocelulósicos. *Biota Revista de Ciencias Biológicas*, XVIII(100), 20–36. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>
- Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(Residuos sólidos), 141–151.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10>
- Postemsky, P. D., & López-Castro, R. I. (2016). Aplicaciones de sustrato residual del cultivo de hongos en la producción hortícola. *Horticultura Argentina*, 35(86), 44–63. Retrieved from https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/19417/CONICET_Digital_Nro.23437.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Quispe Silva, G. P. (1995). *Ensayo de Producción de Pleurotus ostreatus*.
Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ragunathan, R., & Swaminathan, K. (2003). Nutritional status of *Pleurotus* spp. grown on various agro-wastes. *Food Chemistry*, 80(3), 371–375. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814602002753>
- Rangubhet, K. T., Mangwe, M. C., Mlambo, V., Fan, Y. K., & Chiang, H. I. (2017). Enteric methane emissions and protozoa populations in Holstein steers fed spent mushroom (*Flammulina velutipes*) substrate silage-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 78–87. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117303322>
- Real Academia Española. (2018). Diccionario de la lengua española digital. Retrieved from <https://dle.rae.es/>
- Ríos-Ruiz, W. F., Valdez-Nuñez, R. A., & Jiménez-Flores, J. P. (2017). Isolation, propagation and growth of native edible fungi in agroindustrial residues. *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 327–335. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.04>
- Rios, M. del P., Hoyos, J. L., & Mosquera, S. A. (2010). EVALUATION OF PARAMETERS PRODUCTION OF THE SEED *Pleurotus ostreatus* SPREAD IN DIFFERENT CULTURE MEDIA. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(2), 86–94. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a12.pdf>
- Ríos Ruiz, R., & Ruiz Rengifo, L. (1993). Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus* afin *ostreatus* (jacq. ex Fr) Kumm en Tingo María. *Folia*

- Amazónica*, 5(1–2), 5–16. Retrieved from <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/217/282>
- Rivera, R., Martínez, C. A., & Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Luna Azul* ISSN 1909-2474, 2(37), 89–100. <https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.7>
- Rodrigo Iossi, M., Valenzuela Cobos, J. D., Gea Alegria, F. J., & Cunha Zied, D. (2018). *Pleurotus* spp. cultivation on *Brachiaria* sp. straw treatment with alkaline water: Oyster mushroom and substrate treatment. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49, 64–67. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.06.003>
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M. A., Macías, A., Tapia, A. M., Parraguirre, J., & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., CV. ROATAN) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53–63. Retrieved from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100005
- Ruilova, M., Hernández, A., & Niño, Z. (2017). Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(2), 331–344. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-10-0207>
- Salmones, D., Mata, G., & Waliszewski, K. N. (2005). Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and

- substrate biodegradation. *Bioresource Technology*, 96(5), 537–544.
Retrieved from
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852404002433>
- Sánchez, A., Esqueda, M., Gaitán-Hernández, R., Córdova, A., & Coronado, M. L. (2008). Uso potencial del rastrojo de tomate como sustrato para el cultivo de *Pleurotus* spp. *Revista Mexicana de Micología*, 28, 17–24.
<https://doi.org/0187-3180>
- Sánchez, J., & Royse, D. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* (E. C. de la F. Sur, Ed.) (Primera ed). San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Retrieved from
[file:///C:/Users/USER/Downloads/3LabiologyelcultPspp \(2\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/3LabiologyelcultPspp%20(2).pdf)
- Sánchez Vélez, C. A. (2013). *Evaluación de la productividad del hongo comestible Pleurotus ostreatus sobre un residuo agroindustrial del departamento del Valle del Cauca y residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente.* Universidad Autónoma de Occidente-Santiago de Cali. Retrieved from
<http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5218/1/TAA01602.pdf>
- Sandoval, R., Manjarrés, K., Castro, A., & Sandoval, E. R. (2010). Producción de lacasa utilizando *Pleurotus ostreatus* sobre cáscaras de plátano y bagazo de caña. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 9–15. Retrieved from
<http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v7n2/v7n2a02.pdf>
- Shah, Z. A., Ashraf, M., & Ishtiaq Ch., M. (2004). Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus*

- ostreatus) on Different Substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw Dust). *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(3), 158–160. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.564.7918&rep=rep1&type=pdf>
- Sharma, S., Yadav, R., & Pokhrel, H. . (2013). Yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. *Journal on New Biological Reports*, 2(1), 3–8. <https://doi.org/10.3329/bjar.v38i4.18946>
- Silva, E. G., Dias, E. S., Siqueira, F. G., & Schwan, R. F. (2007). Chemical analysis of fructification bodies of *Pleurotus sajor-caju* cultivated in several nitrogen concentrations. *Food Science and Technology*, 27(1), 72–75. Retrieved from file:///C:/Users/USER/Downloads/Chemical_analysis_of_fructification_bodies_of_Pleu.pdf
- Singh, M. P., Pandey, V. K., Pandey, A. K., Srivastava, A. K., Vishwakarma, N. K., & Singh, V. K. (2008). Production of xylanase by white rot fungi on wheat straw. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 10(4), 859–862. Retrieved from http://www.envirobiotechjournals.com/article_abstract.php?aid=4215&iid=149&jid=1
- Sözbir, G. D., Bektaş, I., & Zülkadir, A. (2015). Lignocellulosic wastes used for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms: Effects on productivity. *BioResources*, 10(3), 4686–4693. <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.4686-4693>

- Suárez, C., & Holguin, M. (2011). 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. Retrieved from <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol5/Vol.5 No.1/Vol.5 No.1. Art.11.pdf>
- Urban, A. F. (2004). Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada. *Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Desenvolvimento*.
- Varnero, M. T., Quiroz, M. S., & Álvarez, C. H. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Informacion Tecnologica*, 21(2), 13–20. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4154it.09>
- Vega, A., & Franco, H. (2013). Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. Djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos. *Informacion Tecnologica*, 24(1), 69–78. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000100009>
- Wang, D., Sakoda, A., & Suzuki, M. (2001). Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. *Bioresource Technology*, 78(3), 293–300. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852401000025>
- Wanzenböck, E., Apprich, S., Tirpanalan, Ö., Zitz, U., Kracher, D., Schedle, K., & Kneifel, W. (2017). Wheat bran biodegradation by edible *Pleurotus* fungi—A sustainable perspective for food and feed. *LWT*, 86, 123–131. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643817305303>

- Willey, M., Sherwood, M., & Woolverton, J. (2009). *Microbiología de Prescott, Harley y Klein*. (Mc Graw-Hill-Interamericana de España, Ed.) (Séptima ed). Madrid España.
- Yamauchi, M., Sakamoto, M., Yamada, M., Hara, H., Mat Taib, S., Rezanía, S., ... Mohd Hanafi, F. H. (2018). Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on fermented moso bamboo sawdust. *Journal of King Saud University - Science*, 0–4. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.021>
- Yang, W., Guo, F., & Wan, Z. (2013). Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(4), 333–338. Retrieved from file:///C:/Users/USER/Downloads/Yield_and_size_of_oyster_mushroom_grown_on_ricewhe.pdf
- Zanetti, A. L., & Ranal, M. A. (1997). Suplementação da cana-de-açúcar com guandu no cultivo de *Pleurotus* sp.'Florida'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32(9), 959–964. Retrieved from <file:///C:/Users/USER/Downloads/4736-56123-1-PB.pdf>
- Zhang, R., Li, X., & Fadel, J. G. (2002). Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. *Bioresource Technology*, 82(3), 277–284. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852401001882>
- Zhang, Y., Hu, T., Zhou, H., Zhang, Y., Jin, G., & Yang, Y. (2016). Antidiabetic effect of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* in streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal of Biological Macromolecules*, 83, 126–132. Retrieved from

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813015301392>

Zhang, Y., Yang, X., Jin, G., Yang, X., & Zhang, Y. (2016). Polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* alleviate cognitive impairment in a rat model of Alzheimer's disease. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 935–941. Retrieved from

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813016311175?via%3Dihub>

ANEXOS

1.- Matriz de Consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>Problema General:</p> <p>¿Qué sustrato, a base del césped residual de la poda de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao, permite la mejor producción y eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Cuál es la velocidad de crecimiento del <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre un medio de cultivo comercial?</p> <p>*¿Cuál es el tiempo de invasión del micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre los granos de cereales en la elaboración de la semilla o blanco?</p> <p>*¿El sustrato según la relación C/N, a base del césped residual de jardines y viruta fina, influye en la producción y eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar el sustrato, a base del césped residual de la poda de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao, que permite la mejor producción y eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i></p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>*Determinar la velocidad de crecimiento del <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre un medio de cultivo comercial</p> <p>*Determinar el tiempo de invasión del micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre los granos de cereales en la elaboración de la semilla o blanco.</p> <p>*Determinar la influencia del sustrato según la relación C/N, a base del césped residual de jardines y viruta fina, sobre la producción y eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Un sustrato, a base del césped residual de la poda de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao, permite la mejor producción y eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p> <p>Hipótesis específica:</p> <p>* La velocidad de crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> es buena sobre un medio de cultivo comercial.</p> <p>* El tiempo de invasión del micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre los granos de cereales es adecuada para la elaboración de la semilla o blanco.</p> <p>* El sustrato según la relación C/N, a base del césped residual de jardines y viruta fina, influye en la producción y eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i></p>	<p>Variable independiente o tratamientos (X): Sustratos a base del césped residual de jardines y viruta fina formulados según el balance de la relación C/N</p> <p>Variable respuesta o dependiente (Y): Producción de cuerpos fructíferos en gramos y, eficiencia biológica (%) del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i></p>

2.- Informe de Resultados de Análisis de N, P, K y, C del césped residual de jardines



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

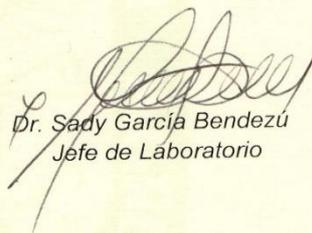


INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO
MUESTRA : GRASS
REFERENCIA : H.R. 60283
FECHA : 11/09/2017

N. Lab	CLAVE DE CAMPO	N %	P %	K %	C %
6361		2.30	0.37	1.42	46.86




Dr. Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

3.- Informe de Resultados del Análisis de N, P, K y, C de viruta fina



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

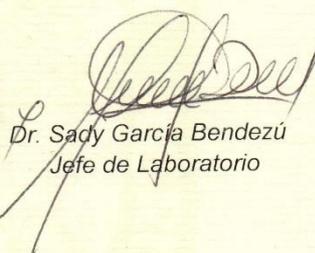


INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO
MUESTRA : ASERRIN
REFERENCIA : H.R. 60284
FECHA : 11/09/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	N %	P %	K %	C %
6362		0.60	0.02	0.12	56.47




Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe