



## **ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

FRUCTIFICACIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus afín ostreatus* SOBRE  
UN SUSTRATO SEGÚN SU BALANCE DE RELACIÓN C/N A BASE DEL CÉSPED  
RESIDUAL DE JARDINES

**Línea de investigación:**

**Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación**

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental

**Autor**

Tome Ramos, Carlos Odorico

**Asesor**

Esenarro Vargas, Doris  
(ORCID: 0000-0002-7186-9614)

**Jurado:**

Alva Velasquez, Miguel  
Vera Chamochumbi, Benjamín Fernando  
Guillen Leon, Rogelia

**Lima - Perú**

**2022**

**Referencia:**

Tome, R. (2022). *Fructificación del hongo comestible Pleurotus afín ostreatus sobre un sustrato según su balance de relación c/n a base del césped residual de jardines [Tesis de maestría en la Universidad Nacional Federico Villarreal]*.  
<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6135>



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

FRUCTIFICACIÓN DEL HONGO COMESTIBLE  
*Pleurotus afín ostreatus* SOBRE UN SUSTRATO SEGÚN  
SU BALANCE DE RELACIÓN C/N A BASE DEL  
CÉSPED RESIDUAL DE JARDINES

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental

Autor

Tome Ramos, Carlos Odorico

Asesor(a)

Esenarro Vargas, Doris

ORCID: 0000-0002-7186-9614

Jurado

Alva Velasquez, Miguel

Vera Chamocho, Benjamín Fernando

Guillen Leon, Rogelia

Lima – Perú

2022

**A la memoria de  
mis padres: Lucía y  
Odorico; que me siguen  
guiando desde el cielo**

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	3
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
I.- INTRODUCCIÒN.....	9
1.1 Planteamiento del Problema .....	10
1.2 Descripción del Problema .....	11
1.3 Formulación del Problema.....	12
<i>Problema General:</i> .....	12
<i>Problemas específicos:</i> .....	12
1.4 Antecedentes.....	13
<i>1.4.1.-Proliferación y Elaboración de semilla o blanco de Pleurotus ostreatus.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.2.- Sustratos utilizados en el fructificado de Pleurotus ostreatus.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4.3.- Investigaciones sobre el Cultivo de Pleurotus ostreatus en el Perú.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4.4.- Relación C/N del sustrato y la Producción de Pleurotus ostreatus.....</i>	<i>20</i>
<i>1.4.5.- Composición Nutricional del Pleurotus ostreatus .....</i>	<i>31</i>
1.5 Justificación de la Investigación .....	39
1.6 Limitaciones de la investigación.....	40
1.7 Objetivos.....	40

<i>Objetivo General</i> .....	40
<i>Objetivos Específicos</i> .....	40
1.8 Hipótesis.....	41
<i>Hipótesis General:</i> .....	41
<i>Hipótesis específicas:</i> .....	41
II.- MARCO TEÓRICO .....	42
2.1 Marco Conceptual.....	42
2.1.1.- <i>Los Hongos:</i> .....	42
2.1.2.- <i>Las setas</i> .....	42
2.1.3.- <i>Pleurotus ostreatus:</i> .....	42
2.1.4.- <i>Propiedades medicinales del Pleurotus ostreatus</i> .....	43
2.1.5.- <i>Pleurotus ostreatus y su cultivo sobre diferentes sustratos</i> .....	44
2.1.6.- <i>Factores intrínsecos y extrínsecos en el cultivo de Pleurotus ostreatus</i> .50	
2.1.7.- <i>Relación C/N del sustrato para el cultivo de Pleurotus ostreatus</i> .....	51
2.1.8.- <i>Eficiencia Biológica (EB):</i> .....	53
III.- MÉTODO.....	54
3.1 Tipo de Investigación .....	54
3.2 Población y Muestra.....	54

3.3 Operacionalización de Variables .....	54
3.4 Instrumentos .....	56
3.5 Procedimientos .....	57
3.5.1.- <i>Velocidad de crecimiento del micelio de Pleurotus afín ostreatus</i> .....	57
3.5.2.- <i>Proliferación de Pleurotus afín ostreatus sobre cebada y/o trigo</i> .....	57
3.5.3.- <i>Elaboración de sustratos, siembra y, cultivo de Pleurotus afín ostreatus</i> ..	58
3.5.4.- <i>Composición proximal de nutrientes del Pleurotus afín ostreatus</i> .....	60
3.6. Análisis de datos .....	60
3.6.1.- <i>Estrategia de prueba de hipótesis</i> .....	60
3.7 Consideraciones éticas .....	61
IV.- RESULTADOS .....	62
4.1 Contrastación de Hipótesis .....	62
4.1.1.- <i>Velocidad de crecimiento de Pleurotus afín ostreatus</i> .....	62
4.1.2.- <i>Proliferación de Pleurotus afín ostreatus sobre cebada y/o trigo</i> .....	63
4.1.3.- <i>Elaboración del sustrato y producción de Pleurotus afín ostreatus</i> .....	67
4.1.4.- <i>Composición proximal de nutrientes del Pleurotus afín ostreatus</i> .....	74
4.2 Análisis e Interpretación .....	75

4.2.1.- Del Análisis de datos con la Prueba de hipótesis .....	75
V.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	78
VI.- CONCLUSIONES .....	86
VII.- RECOMENDACIONES.....	88
VIII.- REFERENCIAS .....	89
IX.- ANEXOS.....	103
A. Informe de Resultados de Análisis de N, P, K y, C del césped residual de jardines ...	103
B. Informe de Resultados del Análisis de N, P, K y, C del Aserrín .....	104
C. Evidencias del Cultivo del Hongo <i>Pleurotus afín ostreatus</i> .....	105
D. Registro de temperatura y humedad relativa .....	111
E. Composición proximal de los cuerpos fructíferos del <i>Pleurotus afín ostreatus</i> .....	112
F. Matriz de consistencia.....	113



## RESUMEN

La presente investigación, sobre el césped residual de la poda de jardines que no es aprovechado y considerado como residuos sólidos de los ecosistemas urbanos, tiene como principal objetivo determinar un sustrato adecuado, según su balance de relación C/N en base al césped residual de jardines, para el crecimiento y el fructificado de la seta comestible *Pleurotus afín ostreatus*. Se formularon cuatro diferentes sustratos a base de césped y aserrín, con cinco réplicas de cada uno (4X5), se esterilizaron en bolsas con 1 kg del sustrato, inoculadas con 5% de semilla del hongo y, se cultivaron bajo las condiciones ambientales de un invernadero. Como resultado del experimento y, según el análisis de varianza (ANOVA) para  $\alpha=0,05$ , se determinó que la producción de los cuerpos fructíferos depende del sustrato, obteniéndose las eficiencias biológicas (EB) de: 43,44% sobre el sustrato S<sub>2</sub> de C/N igual a 30, 37,44% sobre el sustrato S<sub>3</sub> de C/N igual a 40,13, 32,83% sobre el sustrato S<sub>1</sub> de C/N igual a 20,37 y, 8,315% sobre el sustrato S<sub>4</sub> de C/N igual a 94,12. Según los resultados se concluye que; el sustrato adecuado en base al residuo de césped de jardines que permite una rápida invasión, aparición temprana de los primordios y, mejor producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* con alto contenido de proteínas (32,94%), fue la formulada con 61% de césped residual mezclado con 39% de aserrín para un balance de C/N igual a 30.

*Palabras Claves:* *Pleurotus afín ostreatus*, sustrato, césped residual, eficiencia biológica.

## ABSTRACT

The present investigation, on the residual lawn of the pruning of gardens that is not taken advantage of and considered like solid residues of the urban ecosystems, has as main objective to determine a suitable substrate, according to its balance of C/N ratio based on the residual lawn of gardens, for the growth and fruiting of the edible mushroom *Pleurotus affinis ostreatus*. Four different substrates were formulated based on lawn and sawdust, with five replicas of each one (4X5), sterilized in bags with 1 kg of substrate, inoculated with 5% seed of the fungus and, grown under environmental conditions of a greenhouse. As a result of the experiment and, according to the analysis of variance (ANOVA) for  $\alpha = 0,05$ , it was determined that the production of the fruiting bodies depends on the substrate, obtaining the biological efficiencies (EB) of: 43,44% about the S<sub>2</sub> substrate of C/N equal to 30, 37,44% about the S<sub>3</sub> substrate of C/N equal to 40,13, 32,83% about the S<sub>1</sub> substrate of C/N equal to 20,37 and, 8,32% about the S<sub>4</sub> substrate of C/N equal to 94,12. According to the results, it is concluded that the appropriate substrate based on the residual lawn of gardens that allows a rapid invasion, early appearance of the primordia and, best production of fruiting bodies of *Pleurotus affinis ostreatus* with high protein content (32,94%), was the formulated with 61% of residual lawn mixed with 39% of sawdust for a balance of C/N equal to 30.

*Keywords:* *Pleurotus affinis ostreatus*, substrate, residual grass, biological efficiency.

## I.- INTRODUCCIÓN

Los biorresiduos provenientes de la poda de las áreas verdes de los ecosistemas urbanos, como el césped, no es empleado en el cultivo de la seta comestible *Pleurotus afín ostreatus*, ya que actualmente se desconoce el efecto de este material orgánico en la producción de este hongo. En el campus de la Universidad Nacional del Callao, así como también en los ecosistemas urbanos, se generan grandes cantidades de residuos de la poda de sus áreas verdes que, al no tener ninguna utilidad son considerados como residuos sólidos orgánicos y, cuya mala gestión provoca gastos económicos en su disposición final y/o contaminación paisajística; por otro lado, se conoce que los hongos comestibles tienen la característica de metabolizar compuestos lignocelulósicos y, los vegetales en general son ricos en estas moléculas. Se conoce varios trabajos de investigación donde se demuestra la capacidad del *Pleurotus ostreatus* de fructificar sobre diferentes residuos agroindustriales, tales como aserrín de madera, bagazo de caña de azúcar, mazorca de maíz, paja de trigo, paja de cebada, paja de arroz, entre otros; por ello, en el presente trabajo, se realiza un estudio experimental utilizando cuatro sustratos según su balance de la relación C/N a base del césped residual de jardines complementado con aserrín de madera, para el cultivo de la cepa *Pleurotus afín ostreatus*, hongo comestible aislado de la ciudad de Tingo María-Perú por Ríos y Ruiz (1993); el cultivo se realiza sobre 1 kg de sustrato en bolsas de polipropileno, previamente esterilizadas e inoculadas con 5% de la semilla o blanco del hongo, en condiciones ambientales de un invernadero y, se observa el efecto en la producción de los cuerpos fructíferos del hongo medidos según su biomasa y expresadas como eficiencia biológica, así mismo se determina el contenido proteico de la seta proveniente del sustrato de mayor producción,

## 1.1 Planteamiento del Problema

Las malezas de los parques y jardines de las ciudades no son aprovechados eficientemente, trayendo como consecuencia un gasto económico en su disposición final para los gobiernos municipales; en Colombia, Mosquera (2017), también citado por Tome (2019), en su diagnóstico para mejorar el manejo de los residuos de la poda de parques urbanos de la ciudad de Santiago de Cali, determinó que se genera un total de 27,02 t/mes de residuos, los cuales fueron llevados para su disposición final a predios privados y en cuanto colapsaron lo llevaron a sitios desconocidos y; para solucionar este problema señala la necesidad de contar un espacio apropiado para el compostaje y el producto usarlo como fertilizante de las áreas verdes de la ciudad; Cabrera y Rossi (2016), también citado por Tome (2019), para el distrito de Miraflores de Lima-Perú, demostraron la viabilidad económica y técnica de la producción de compost e, indicaron que se puede evitar la disposición de residuos al relleno sanitario de 230 t mensuales con un ahorro de S/. 5 106,22 soles. Pero, para realizar el proceso de compostaje de los residuos orgánicos, se debe contar con una planta de compostaje en espacios grandes y aislados de los vecinos y, tiempos prolongados para el proceso que pueden ser de 6 meses a más; lo cual es una limitante para los ecosistemas urbanos, principalmente para las ciudades que no cuentan con un área de acopio e instalaciones para el proceso de compostaje que, al ser considerados como residuos sólidos provocan un costo monetario en su disposición final y/o una contaminación paisajística. Una alternativa para mejorar la gestión de los biorresiduos de la poda de las áreas verdes, específicamente el césped residual, es utilizarlo como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, ya que es un material orgánico rico en celulosa y lignina, moléculas utilizadas por ciertos hongos para su crecimiento. La cepa de *Pleurotus afín ostreatus* aislado de la selva de Tingo María, es una seta comestible que en la naturaleza se desarrolla sobre trozos de árboles

caído, por tener la capacidad de producir enzimas degradadoras de moléculas orgánicas complejas; sin embargo, no hay información sobre la utilización del césped residual de la poda de jardines como sustrato para la producción de este hongo.

## **1.2 Descripción del Problema**

Las necesidades nutritivas de la seta comestible *Pleurotus ostreatus* permite aprovechar los residuos orgánicos porque pueden crecer sobre diferentes sustratos lignocelulósicos; hay trabajos de investigación del cultivo de éste hongo comestible sobre diferentes residuos agroindustriales citados por Tome (2019), tales como: la producción sobre briquetas suplementado con salvado de trigo y maíz según Magalhães, Moreira, y Zied (2018); aserrín de bambú Moso fermentado durante 2 meses y mezclado con salvado de arroz y/o residuo del destilado del camote fermentado según Yamauchi et al. (2018); según Pardo et al. (2018) pueden crecer sobre un sustrato comercial complementado con residuos de la extracción de aceite de almendra; Marlina et al. (2015), sobre los racimos de frutas vacías de la palma aceitera; Fernandes et al. (2015) sobre restos de papel blanco e impreso; Varnero et al. (2010) sobre álamo, eucalipto y, sobre mezcla de paja de trigo y eucalipto; Romero et al. (2010) sobre hojas de plátano deshidratado, paja de trigo, paja de cebada, rastrojo de maíz y pajilla de frijol; Sandoval et al. (2010) sobre cáscara de plátano y bagazo de caña; Liang et al. (2009) sobre tallos de plantas herbáceas forrajeras tales como *Panicum repens*, *Pennisetum purpureum* y, *Zea mays*; Sánchez et al. (2008) sobre el rastrojo de tomate solo y, mezclado con tallos de vid o con paja de trigo; Forero et al. (2008) utilizaron residuos de ají, cáscara de arroz y, pasto de corte King Grass; López et al. (2008) emplearon uchuva, cáscara de arveja, tuza de maíz y aserrín de roble para el cultivo del hongo; Garzón et al. (2008) evaluaron la producción del hongo sobre residuos de caña de azúcar, maíz, aserrín y, café pasado; Cayetano et al. (2008) investigaron la producción

del hongo sobre tallo seco de Jamaica solo y, mezclado con paja de arroz y, sobre residuos de la planta de plátano; Das y Mukherjee (2007) estudiaron la producción del hongo sobre siete diferentes especies de malezas solo o mezclado con paja de trigo; Ortega et al. (2005) cultivaron el hongo sobre residuos de las plantaciones de caña; Pardo et al. (2005) utilizaron como sustrato los residuos del despalillado de la uva mezclado con paja de trigo y cebada, fibra del leño *Hibiscus cannabinus*, residuo de la poda de uva y, residuos pulverulentos de la extracción de aceite de oliva; Merlo y Mata (2005) evaluaron la producción del hongo sobre viruta de pino. La gran mayoría de estos trabajos de investigación, se realizaron sin considerar un balance de la relación C/N del sustrato, por ello el objetivo principal del presente trabajo es determinar el mejor sustrato, a base de césped residual de la poda de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance C/N, para la producción de la seta *Pleurotus afín ostreatus* aislado de la ciudad de Tingo María -Perú. Usar el césped residual de jardines como sustrato para el cultivo de una seta comestible, es una actividad eco eficiente; por convertir un residuo en un alimento y, porque el sustrato después de la cosecha de la seta puede ser usado como abono mejorador de suelos.

### **1.3 Formulación del Problema**

#### ***Problema General:***

¿En qué medida el sustrato, de residuos del césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N, permite un mejor crecimiento, fructificación y contenido de proteínas del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus*?

#### ***Problemas específicos:***

- ¿Cuál es la velocidad de crecimiento del hongo *Pleurotus afín ostreatus* sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa?

- ¿Cuál es el tiempo de invasión del micelio del *Pleurotus afín ostreatus* sobre granos de cebada y/o trigo?
- ¿Cuál es la producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* del cultivo sobre sustratos de residuos de césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N?
- ¿Cuál es la composición nutritiva de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* cosechadas del sustrato con mayor productividad?

## 1.4 Antecedentes

### 1.4.1.-Proliferación y Elaboración de semilla o blanco de *Pleurotus ostreatus*.

La proliferación del micelio de *Pleurotus ostreatus* se ha realizado sobre diferentes medios de cultivo y, sobre la preparación de la semilla sobre diferentes granos de cereales; en Colombia, Suárez y Holguin (2011), también citado por Tome (2019), evaluaron el crecimiento del micelio sobre los medios de cultivos: agar papa dextrosa (Oxoid), agar oxitetraciclina, glucosa extracto de levadura (Oxoid) y agar Sabouraud (Difco), obteniendo como resultado en velocidad de crecimiento a 22 °C, de 4,5 mm/día, 4,16 mm/día y 2,48 mm/día respectivamente. Y, para la obtención de las semillas utilizaron: maíz amarillo, cebada, trigo, millo y sorgo, que después de inocular con 3 a 4 trozos de 1 cm<sup>2</sup> de agar invadido con el micelio del hongo e incubado a 22°C, determinaron que el mejor cereal fue el trigo al ser invadido en sólo dos semanas.

En Ghana, Narh et al. (2011), también citado por Tome (2019), utilizaron diferentes granos para la elaboración del blanco o semilla y su influencia sobre la producción de carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, los granos evaluados fueron:

- Sorgo (S) solamente (100% S) - tratamiento de control
- Mijo (M) solamente (100% M)
- Combinación de sorgo y mijo en 3: 1 (p / p) relación (75% S + 25% M)
- Combinación de sorgo y mijo en 1: 1 (p / p) relación (50% S + 50% M)
- Combinación de sorgo y mijo en 1: 3 (p / p) relación (25% S + 75% M)

El inóculo consistió en trozos de 1 cm<sup>2</sup> y lo incubaron a 28°C y, según sus resultados determinaron que; la mejor formulación para el crecimiento del micelio del hongo fue la combinación de sorgo y mijo de 3:1, donde invadió en sólo 16 días y, luego seguido por sólo sorgo (100%), en el cual invadió en 18 días. Estas dos semillas obtenidas fueron sembradas sobre un sustrato de aserrín de *Triplochiton scleroxylon* fermentado y obtuvieron 50,86% como eficiencia biológica con la primera semilla y, 59,84% de eficiencia biológica con la semilla de sólo sorgo.

Según Ríos et al. (2010), citado por Tome (2019), al evaluar la eficiencia de la proliferación de micelios de *Pleurotus ostreatus* en un medio de cultivo comercial agar papa dextrosa (PDA) frente a los medios de cultivo alternativo extracto de trigo (EST) y agar papa dextrosa a diferentes concentraciones de extracto de papa, demostraron que el medio alternativo y los otros medios propuestos fueron eficientes, llegando invadir completamente la superficie del medio de cultivo en 9 días a una temperatura de 25°C a razón de 1 cm/día como velocidad de crecimiento, específicamente sobre el agar papa dextrosa determinaron 11,2 mm/día como velocidad de crecimiento. Y, en relación a la obtención de la semilla sobre granos de cebada, señalaron que lograron la colonización completa en 20 días al incubar a 25°C y, coincide la eficiencia con lo hallado en otros granos, como trigo, sorgo, mijo, centeno y arroz.

La cepa de *Pleurotus ostreatus* CCEBI3021 estudiada por Bermudéz et al. (2007),



evaluaron su crecimiento sobre diferentes medios de cultivo, tales como agar extracto de malta, agar extracto de pulpa de café y agar papa dextrosa, tras inocular trozos de 8 mm de lado de agar con el micelio e incubado a 25°C y, determinaron como mejor velocidad de crecimiento **sobre el agar extracto de malta con 10,12 mm/día, seguido por el agar extracto de pulpa de café con 9,72 mm/día y, la menor velocidad de crecimiento con 7,55 mm/día sobre el agar papa dextrosa.**

#### ***1.4.2.- Sustratos utilizados en el fructificado de Pleurotus ostreatus***

*Pleurotus ostreatus*, responsable de la podredumbre blanca de materiales leñosos, tiene la capacidad de sintetizar enzimas que degradan la celulosa, hemicelulosa y quitina; Cardoso et al. (2018), citado por Tome (2019), demostraron la mejor capacidad de degradación del extracto crudo del hongo en comparación a enzimas comerciales; Sandoval et al. (2010), también citado por Tome (2019), determinaron la producción de la enzima lacasa al cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre cáscara de plátano verde y maduro, enzima que oxida sustancias químicas orgánicas e inorgánicas con reducción del oxígeno molecular hasta agua. La capacidad de producir estas enzimas le permite al *Pleurotus ostreatus* crecer sobre diferentes materiales lignocelulósicos, por ello hay varios trabajos de investigación sobre la producción de este hongo comestible utilizando como sustrato diversos materiales orgánicos; Onyeka y Okehie (2018), citado por Tome (2019), cultivaron *Pleurotus ostreatus* sobre seis sustratos (100% de aserrín, 78% de aserrín mezclado con 21% de salvado de arroz y 1% de CaCO<sub>3</sub>, 89% de aserrín mezclado con 10% de residuo de maíz y 1% de CaCO<sub>3</sub>, 75% de aserrín mezclado con 25% de cáscara de yuca, 75% de aserrín mezclado con 25% de hoja de plátano y, 100% de cáscara de yuca) y determinaron la mejor eficiencia biológica de 46,31% sobre el sustrato formulado con 75% de aserrín y 25% de cáscara de yuca y, con el sustrato de 100% de aserrín determinaron un 27,5% de eficiencia biológica;

Iossi et al. (2018), citado por Tome (2019), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* var. Florida y *Pleurotus sapidus* utilizando como sustrato la paja de una planta forrajera tratada con soluciones de álcali, logrando una eficiencia biológica de 74,75% para la primera cepa y, 198,38% para la segunda cepa; Magalhães et al. (2018), también citado por Tome (2019), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* var. Florida sobre bloques sólidos compuestos de bagazo de la caña de azúcar suplementado con salvado de maíz y salvado de trigo y, obtuvieron 30,4% de producción; Yamauchi et al. (2018), citado por Tome (2019), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando aserrín de coníferas y aserrín de bambú suplementados con salvado de arroz o con residuos del destilado de camote fermentado, logrando la mejor producción de 97,9 g/botella sobre el sustrato de aserrín de bambú con salvado de arroz y, 94,2 g/botella sobre el sustrato compuesta de aserrín de bambú con el residuo del destilado del camote fermentado; Pardo et al. (2018), citado por Tome (2019), estudiaron la influencia del residuo de la extracción de aceite de almendra como suplemento de la paja de trigo comparado con dos suplementos comerciales para la producción de *Pleurotus ostreatus* y, determinaron una mejora de 31,8% en comparación del sustrato sin suplemento e igual o mejor que los suplementos comerciales; Girmay et al. (2016), citado por Tome (2019), reportaron 74% de eficiencia biológica de la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato de semilla de algodón y, 9,73% como la eficiencia biológica más baja sobre el sustrato de aserrín; Marlina et al. (2015), citado por Tome (2019), utilizaron los racimos de las frutas secas de la palma aceitera trituradas para cultivar *Pleurotus ostreatus* en comparación del aserrín, determinando una mejor producción total de 1310 g de setas frente a 95,9 g sobre el aserrín; Fernandes et al. (2015), también citado por Tome (2019), realizaron el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre papel blanco, papel impreso y, paja de avena, con el objetivo de comparar el valor nutricional según sustrato utilizado y,

señalaron que no hubo diferencias; Rivera et al. (2013), citado por Tome (2019), emplearon cuatro formulaciones de sustrato basado en cáscara de papa, plátano y, bagazo de caña, obteniendo como resultado una producción entre 99 g a 5,8 g de setas de *Pleurotus ostreatus*; Sharma et al. (2013), citado por Tome (2019), compararon la producción y contenido nutricional de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre la paja de arroz (control), paja de arroz mezclado con paja de trigo (1:1), paja de arroz mezclado con papel (1:1), aserrín de aliso y, sobre residuos de la caña de azúcar y, según sus resultados determinaron una eficiencia biológica entre 95,46% con la paja de arroz y 61,96% con el aserrín de aliso y, en relación al contenido proteico obtuvieron entre 25,97% con la paja de arroz y 22,89% con el bagazo de caña de azúcar; Vega y Franco (2013), citado por Tome (2019), evaluaron la producción de tres setas comestibles sobre paja, rastrojo de maíz y, tuza de maíz, las cepas evaluadas fueron *Pleurotus pulmonarius* RN2 y dos aisladas de Panamá *P. djamor* RN81 y RN82, obteniendo como resultado la mejor eficiencia biológica de 76,65% con la cepa *P. pulmonarius* RN2 sobre paja de arroz y la más baja con la cepa *P. djamor* RN82 sobre tuza de maíz y, señalaron estadísticamente sobre la producción que, no hay diferencias significativas según la cepa pero sí según el tipo de sustrato; siendo el mejor sustrato para la producción la paja de arroz seguida por rastrojo de maíz y finalmente tuza de maíz; Aguinaga (2012), también citado por Tome (2019), comparó la producción de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre bagazo de caña, paja de trigo, aserrín y, mezcla forrajera y, determinó la mejor eficiencia biológica de 40,5% con el primer sustrato, 23,8% con el tercer sustrato, 13,2% con la paja de trigo y, la más baja de 0,1% con la mezcla forrajera; Romero et al. (2010), citado por Tome (2019), utilizaron residuos agrícolas tales como la hoja de plátano, paja de trigo, paja de cebada, pajilla de frijol y rastrojo de maíz, como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus* CP50 y, determinaron la eficiencia biológica de 129,34% con la paja de trigo, 123,30% de eficiencia

biológica con la hoja de plátano y la eficiencia biológica de 82,91% con la pajilla de frijol; Buah et al. (2010), también citado por Tome (2019), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre cinco sustrato basados en mazorca de maíz y aserrín, determinando la mejor eficiencia biológica de 91,21% sobre el sustrato de 100% de mazorca de maíz y en segundo lugar 85,69% sobre el sustrato 100% de aserrín; Garzón y Cuervo (2008), también citado por Tome (2019), emplearon como sustrato el bagazo de la caña de azúcar, el tallo de maíz picado, aserrín y, residuos del café, con los cuales formularon 12 diferentes sustratos y determinaron la mejor eficiencia biológica de 48,4% con el sustrato constituido con 25% de cada uno, además señaló que todos los sustratos que contenían los residuos de café dieron los mejores resultados en la producción de las setas; Das y Mukherjee (2007), citado por Tome (2019), realizaron el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre siete especies de malezas solos o complementados con paja de trigo, sin tratamiento térmico y, determinaron la selectividad de las malezas para el cultivo del hongo y el efecto de incrementar el contenido de proteínas; Shah et al. (2004), también citado por Tome (2019), utilizaron residuos de poda, aserrín y, paja de trigo solas o mezcladas para la fructificación de *Pleurotus ostreatus*, obteniendo 64,69% de eficiencia biológica con el sustrato de sólo aserrín, 62,09% con el sustrato constituida de aserrín y residuos de poda (3:1) y, la más bajade 21,05% de eficiencia biológica sobre paja de trigo mezclado con residuos de poda (1:1).

#### **1.4.3.- Investigaciones sobre el Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el Perú**

Albán (2018), citado por Tome (2019), evaluó la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre paja de arroz (control), y madera bolaina blanca (partículas de descortezado, aserrín y viruta), formulando 8 diferentes sustratos con ellos y, como resultado determinó la mejor eficiencia biológica de 44,97% con el sustrato viruta, 38,89 % con el sustrato constituido por partículas del descortezado con aserrín, 35,37% con el sustrato de aserrín, 32,44% con paja de arroz, 29,31 %

con partícula del descortezado y, con los demás sustratos obtuvo menores a 6% de eficiencia biológica. Ríos et al. (2017), también citado por Tome (2019), aislaron la cepa A<sub>1</sub> de *Auricularia spp* y P<sub>10</sub> de *Pleurotus spp* para su cultivo sobre pulpa de café, cascarilla de arroz, aserrín y arroz pilado y, determinaron la mejor eficiencia biológica de 30,33% sobre pulpa de café para *Auricularia spp* y, 18,20% sobre el mismo sustrato para *Pleurotus spp*, pero el que mostró mejor contenido de proteína fue el *Pleurotus spp* con 19,00% frente a 9,01% de *Auricularia spp*. Muñoz (2017), citado por Tome (2019), utilizó panca de maíz y paja de arroz para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, aunque su objetivo no fue evaluar la influencia de C/N del sustrato en la producción, en su análisis sobre la eficiencia biológica en función del sustrato señaló que; el sustrato con relación C/N de 63% de la panca de maíz menor a la relación C/N de 70% de la paja de arroz, permitió la mejor eficiencia biológica de 81,1%, frente a 73,3%. Pavlich Herrera (2001) colectó hongos comestibles del Perú y, en relación al *Pleurotus* aisló *Pleurotus ostreatus* de Maranura-Cuzco y *Pleurotus ostreatoroseus* de Chanchamayo-Junín y; en el mismo año Pavlich et al. (2001) tras su cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre un sustrato a base la coronta del maíz, rastrojo de la chala y el afrecho de trigo (40:40:20), determinaron una eficiencia biológica de 64,5% y su contenido proteico de 3,6% comparado a 3,8% de la leche y 2,2% de la espinaca. Quispe (1995) utilizando 4 diferentes formulaciones a base de aserrín, bagazo de caña de azúcar, panca molida, y, cáscara de café, como sustrato para el cultivo de la cepa de *Pleurotus ostreatus* proveniente del Japón y *Pleurotus sp* proveniente de Filipinas, determinaron la mejor eficiencia biológica de 36,2% sobre el sustrato constituido de panca molida y aserrín con la primera cepa y, 20,3% para la segunda cepa. Ríos y Ruiz (1993), de la ciudad de Tingo María aislaron e identificaron al hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus* y, señalaron algunas características particulares del hongo y; esta cepa es la que se utilizó en el presente trabajo de

investigación.

#### ***1.4.4.- Relación C/N del sustrato y la Producción de Pleurotus ostreatus***

Bellettini et al. (2016), también citado por Tome (2019), realizaron un trabajo de revisión sobre los factores que influyen sobre el cultivo de *Pleurotus spp* y, en relación al balance C/N del sustrato señalaron que; un balance de C/N de 28% a 30% favorece la producción con una fructificación rápida, afirmación sustentada en la revisión de los trabajos de Urben (2004), Naraian et al. (2009) y, Bellettini et al. (2015). Las investigaciones revisadas a continuación, si bien es cierto que consideran este factor del sustrato para el cultivo del hongo, pero no necesariamente emplean el rango de C/N de 28% a 30% como condición para una producción eficiente del hongo ostra. Jin et al. (2018), también citado por Tome (2019), evaluaron la suplementación de la mazorca de maíz con tres residuos de hierbas medicinales, de la industria farmacéutica China, para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y, en la tabla 1 según sus resultados de la eficiencia biológica de acuerdo al balance de C/N del sustrato, se observa la tendencia a disminuir la eficiencia biológica de 97,80% a 84,44% según se incrementa la relación C/N de 36,85% a 48,43%.

Ruilova et al. (2017), citado por Tome (2019), estudiaron la influencia del balance de C/N del sustrato en la producción y contenido proteico de la seta comestible *Pleurotus ostreatus*, para lo cual emplearon seis diferentes formulaciones (ver tabla 2) y, según sus resultados determinaron que; el sustrato M<sub>4</sub>, de relación C y N igual a 47,99, permitió la mejor producción de 869,29 g de peso fresco del hongo y la mejor eficiencia biológica de 177,37% en comparación de los otros sustratos y, con un contenido proteico de 31,13% de la seta (ver tabla 3) y; en la tabla 4 se nota claramente que la relación C/N óptima fue 47,99; sin embargo, los investigadores señalaron que no hay diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las eficiencias

biológicas logradas con los sustratos de C/N que va de 33,21 a 57,81.

**Tabla 1**

*Balance de la relación C/N y su efecto en la Eficiencia Biológica (%) del cultivo de la seta comestible Pleurotus ostreatus*

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

Nota: Mazorca de maíz (CC), Parte 1 de los residuos de la cápsula Qizhitongluo (QC1), Parte 2 de los residuos de la cápsula Qizhitongluo (QC2), Residuos de inyección de Kushen (CKI). Adaptada de “Yield, Nutritional Content, and Antioxidant Activity of *Pleurotus ostreatus* on Corncobs Supplemented with Herb Residues” (p. 27), por Jin et al., 2018, Mycobiology, 46.

Hoa et al. (2015), también citado por Tome (2019), evaluaron el rendimiento y el valor nutricional de las setas comestibles *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus* al cultivarlos sobre 07 diferentes sustratos (ver tabla 5) con residuos de la caña de azúcar, aserrín de acacia y mazorca de maíz, los resultados de la eficiencia biológica según sustrato se muestran en la tabla 6, pero, para una mejor visualización de los resultados se ordena en la tabla 7 el balance de C/N de menor a mayor y su correspondiente eficiencia biológica; donde se puede ver claramente para ambas setas cultivadas que, la relación C/N igual a 34,57, que es la más baja de todos los sustratos evaluados, permitió la mejor eficiencia biológica de 66,08% para *Pleurotus ostreatus* y 50,14% para *Pleurotus cystidiosus* y , además, conforme se incrementa el valor de éste factor, la eficiencia biológica disminuye con excepción del sustrato de relación C/N igual a 42,55.

**Tabla N°2**

*Formulación y Relación C/N del sustrato para el crecimiento de Pleurotus ostreatus*

Mezcla	Sustrato (%)								C (%)	N (%)	C/N
	RM	CA	PC	RL	PT	RA	HS	CC			
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

Nota. Residuo del maíz (RM), cáscara de arroz (CA), paja de cebada (PC), residuos de la lenteja (RL), paja de trigo (PT), residuos de la caña de azúcar (RA), harina de soya (HS), carbonato de calcio (CC). Tomado de “Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures” (p. 336), por Ruilova et al., 2017, *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 49.

**Tabla 3**

*Tiempo de la primera cosecha, periodo de cosecha, peso de la seta fresca, eficiencia biológica, porcentaje de proteínas y la tasa de producción según sustrato*

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	713,78 b	149,79 b	16,51 c	2,14 c
M2	74,59	33-36	64-77	768,96 b	151,31 b	17,26 c	2,16 c
M3	75,37	30-33	62-77	858,57a	174,96 a	25,25 b	2,50 ab
M4	75,46	25-28	60-75	869,29 a	177,37 a	31,13 a	2,64 a
M5	75,39	31-33	62-76	855,35 a	173,74 a	31,26 a	2,52 ab
M6	74,48	32-34	62-77	851,17 a	165,22 ab	29,23 ab	2,36 b

Nota: \*Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Tomado de “Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures” (p. 338), por Ruilova et al., 2017, *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 49



**Tabla 4**

Ordenamiento de menor a mayor del balance C/N del sustrato y su respectiva eficiencia biológica en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

Sustrato	C/N	Eficiencia Biológica (%)
M6	33.21	165,22 ab
M5	38.72	173,74 a
<b>M4</b>	<b>47.99</b>	<b>177,37 a</b>
M3	57.81	174,96 a
M2	72.40	151,31 b
M1	104.63	149,79 b

Nota: Adaptado de “Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures” (p. 338), por Ruilova et al., 2017, *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 49.

**Tabla 5**

Composición y características del sustrato para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus*

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

Nota: SD: aserrín, SB: bagazo de caña, CC: mazorca de maíz. Adaptado de “The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*)” (p. 425) por Hoa, et al., 2015, *Mycobiology*, 43.

**Tabla 6**

Efecto del sustrato sobre la eficiencia biológica de los hongos ostra *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus*

Sustrato	Eficiencia Biológica (%)	
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Pleurotus cystidiosus</i>
100 % aserrín (Control)	46,44e	36,27e
100% bagazo de caña	65,65 a	49,54 a
50% aserrín +50% bagazo de caña	58,94b	44,11b
80% aserrín +20% bagazo de caña	52,32c	41,19c
100% mazorca de maíz	66,08 a	50,14 a
50% aserrín +50% mazorca de maíz	58,82b	43,57b
80% aserrín+20% mazorca de maíz	48,59 b	38,44d

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas para  $P \leq 0,05$  según la prueba de rangos múltiples de Duncan. Adaptado de “The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*)” (p. 429) por Hoa, et al., 2015, *Mycobiology*, 43.

**Tabla 7**

Efecto de la relación C/N del sustrato sobre la producción de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cystidiosus*

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

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas para  $P \leq 0,05$  según la prueba de rangos múltiples de Duncan. Adaptado de “The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*)” (p. 429) por Hoa, et al., 2015, *Mycobiology*, 43.

Los trabajos de investigación que a continuación se citan, evaluaron la producción de la seta ostra sobre diferentes sustratos lignocelulósicos sin considerar la influencia del factor relación C/N, sin embargo dentro de la caracterización del sustrato determinaron el valor de dicha variable, por ello, teniendo en cuenta que midieron las dos variables, se elaboraron con estos datos una tabla, ordenando los valores del balance C/N con sus respectivas eficiencias biológicas, de tal manera que facilite observar el comportamiento de la eficiencia biológica en función del balance de C/N del sustrato.

Sözbir et al. (2015), también citado por Tome (2019), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos compuestos de aserrín de roble (AR), cáscara de semilla del algodón (CSA) y, cáscara de nuez (CN), las características de los sustratos se resumen en la tabla 8 y los resultados de la eficiencia biológica por tipo de sustrato en la tabla 9 y, para observar el comportamiento de la eficiencia biológica en función del balance de C/N, de las dos tablas anteriores se ordena de menor a mayor la relación C/N con su respectiva eficiencia biológica en la tabla 10; donde se puede apreciar que la mejor eficiencia biológica de 36,87% fue con el sustrato de C/N igual a 22,06, el único sustrato con C/N menor, es decir, con C/N igual a 19,37 permitió la segunda mejor eficiencia biológica de 25,46% y, los sustratos con C/N mayores a los anteriores que van de 25,54 a 36,78 dieron como resultado un descenso variable de la eficiencia biológica, pero sin diferencias significativas según la prueba de separación de Duncan. Estos resultados indican que, el balance de C/N de 19,37 a 22,06 del sustrato, son óptimos para la producción y, balances de C/N superiores a 25,54 muestran una disminución de la eficiencia biológica en el cultivo del hongo ostra.

**Tabla 8**

*Características de los sustratos elaborados para el cultivo de Pleurotus ostreatus*

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

Nota: Aserrín de roble (AR), cáscara de la semilla de algodón (CSA) y, cáscara de nuez (CN). Tomado de “Lignocellulosic wastes used for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms: Effects on productivity” (p. 4689), por Sözbir et al., 2015, *BioResources*, 10.

**Tabla 9**

*Eficiencia biológica (EB) según sustrato en la producción de Pleurotus ostreatus*

<b>Fórmula del sustrato</b>	<b>EB (%)</b>
100% aserrín de roble	11,80ab
100% de cáscara de semilla de algodón	25,46b c
75% aserrín de roble+25% de cáscara de semilla de algodón	11,65 ab
50% aserrín de roble+50% de cáscara de semilla de algodón	11,91 ab
25% aserrín de roble+75% de cáscara de semilla de algodón	36,87 c
100% cáscara de nuez	7,73 a
75% aserrín de roble+25% de cáscara de nuez	6,14 a
50% aserrín de roble+50% de cáscara de nuez	4,40 a
25% aserrín de roble+75% de cáscara de nuez	2,5 a

Nota: Eficiencia biológica (EB). Valores con las mismas letras son no significativos según la prueba de Duncan. Adaptado de “Lignocellulosic wastes used for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms: Effects on productivity” (p. 4690), por Sözbir et al., 2015, *BioResources*, 10.

**Tabla 10**

*Eficiencia biológica según C/N del sustrato en la producción de Pleurotus ostreatus*

<b>Fórmula del Sustrato</b>	<b>C/N</b>	<b>Eficiencia Biológica(%)</b>
100% de cáscara de semilla de algodón	19,37	25,46 bc
25% aserrín de roble+75% de cáscara de semilla de algodón	22,06	36,87 c
50% aserrín de roble+50% de cáscara de semilla de algodón	25,54	11,91 ab
100% cáscara de nuez	29,37	7,73 a
75% aserrín de roble+25% de cáscara de semilla de algodón	30,21	11,65 ab
25% aserrín de roble+75% de cáscara de nuez	30,89	2,5 a
25% aserrín de roble+75% de cáscara de nuez	32,60	4,40 a
75% aserrín de roble+25% de cáscara de nuez	34,55	6,14 a
100% aserrín de roble	36,78	11,80ab

Nota: Valores con las mismas letras son no significativos según la prueba de Duncan. Adaptado de “Lignocellulosic wastes used for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms: Effects on productivity” (p. 4690), por Sözbir et al., 2015, *BioResources*, 10.

Sánchez (2013), también citado por Tome (2019), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando cuatro diferentes sustratos a base de hoja de bambú, hoja de palma del viajero, hoja de palma livistona y, estopa de coco y, según sus resultados, se observa que la mejor eficiencia biológica de 11,9% fue con el sustrato que tenía 80,6 de C/N, el segundo en eficiencia biológica de 8,04% fue con el sustrato de C/N igual a 81,21, la tercera eficiencia biológica de 7,108% fue con el sustrato de C/N igual a 69,21 y, la eficiencia biológica más baja de 2,953% fue con el sustrato de C/N igual a 78,45; en términos generales las eficiencias biológicas obtenidas en este trabajo son bajas y, las relaciones de C/N de los sustratos son elevados.

Varnero et al. (2010), también citado por Tome (2019), evaluaron la producción de la seta comestible utilizando cuatro diferentes sustratos: paja de trigo, astillas de eucalipto, 15% de paja de trigo con 85% de astillas de eucalipto y, astillas de álamo; las características químicas de

los sustratos elaborados se muestran en la tabla 11, los resultados de la producción en la tabla 12 y, en la tabla 13 se ordena el balance de C/N del sustrato de menor a mayor y su respectiva eficiencia biológica con la finalidad de observar mejor la influencia de dicho factor en la producción y el contenido proteico de la seta, donde se nota claramente que los valores de C/N son elevados pero aun así la mejor eficiencia biológica lograda de 32,94% fue con el sustrato que tenía C/N igual a 147, el cual era la más baja, los demás sustratos con C/N superiores (545, 1009 y, 1277) mostraron un descenso en eficiencia biológica (14,93%, 4,23% y, 2,97% respectivamente) y, en relación al contenido de proteínas de las setas que va de 22,9% a 25,6%, la tabla 13 muestra que no hay una influencia de los sustratos sobre estos valores, ya que las diferencias entre contenido de proteínas no son estadísticamente significativas.

**Tabla 11**

*Características químicas de los sustratos para el cultivo de Pleurotus ostreatus.*

Sustratos	*N <sub>T</sub>	*P <sub>T</sub>	*K <sub>T</sub>	*MO	C/N	pH
Paja-Trigo	3,4 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>	920 <sup>b</sup>	147 <sup>d</sup>	4,4 <sup>b</sup>
Eucalipto	0,60 <sup>c</sup>	0,02 <sup>c</sup>	0,15 <sup>d</sup>	994 <sup>a</sup>	1009 <sup>b</sup>	3,7 <sup>c</sup>
Paja+Eucalipto	1,06 <sup>b</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,40 <sup>b</sup>	983 <sup>bc</sup>	545 <sup>c</sup>	3,8 <sup>c</sup>
Álamo	0,46 <sup>c</sup>	0,01 <sup>d</sup>	0,29 <sup>c</sup>	986 <sup>b</sup>	1277 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>

Nota: \*(g/kg). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para un P=0,05. Tomado de “Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*)” (p. 16), por Varnero et al., 2010, *Información Tecnológica*, 21.

**Tabla 12**

*Producción de Pleurotus ostreatus según sustrato.*

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

Nota: Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un P=0,05. Tomado de “Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*)” (p. 18), por Varnero et al., 2010, *Información Tecnológica*, 21.

**Tabla 13**

*Relación del balance C/N del sustrato y la Eficiencia biológica en la producción de P. ostreatus*

<b>Sustratos</b>	<b>C/N</b>	<b>EB (%)</b>	<b>Proteína total (%)</b>
Paja de Trigo	147 d	32,94 a	25,6 a
Paja-Eucalipto	545 c	14,93 b	24,4 a
Eucalipto	1009 b	4,23 c	25,4 a
Álamo	1277 a	2,97 c	22,9 a

Nota: Adaptado de “Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*)” (p. 18), por Varnero et al., 2010, *Información Tecnológica*, 21.

Gea et al. (2009), también citado por Tome (2019), evaluaron la influencia de dos suplementos del sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus* Fungisem K-6, para lo cual elaboraron tres sustratos; uno con suplemento A, otro con el suplemento C y, el tercero sin suplemento como control; aunque no indican los materiales empleados en el sustrato, analizaron

su composición y entre los valores de C/N de los sustratos determinaron 41,9, 52,3 y, 79,3 y, la mejor eficiencia biológica lograda de 77,10% fue con el sustrato de 52,3, el segundo en eficiencia biológica de 70,58% fue con el sustrato de C/N igual a 41,9 y, la más baja en eficiencia biológica de 58,04 % fue con el sustrato que contenía el más alto de C/N igual a 79,3.

Gaitán et al. (2009), también citado por Tome (2019), cultivaron *Pleurotus pulmonarius* sobre sustratos de paja de cebada; uno sin fermentar y el otro fermentado durante siete días; para el sustrato fermentado señalaron el valor de C/N igual a 47 y, para el sustrato sin fermentar el valor de C/N igual a 76 y; la mejor eficiencia biológica de 71,25% lo lograron con el sustrato de C/N igual a 76 y, 55,73% con el sustrato de C/N igual a 47 y, consideraron que el resultado de una baja eficiencia biológica era porque el sustrato de paja fermentada contenía bajo la relación C/N.

Forero et al. (2008), también citado por Tome (2019), evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre siete sustratos elaborados con residuos de ají, cáscara de arroz, salvado de trigo y pasto de corte king grass y; lograron la mejor eficiencia biológica de 45,45% con el sustrato de 100% de pasto corte king grass de C/N igual a 40,6, los otros sustratos que contenían C/N igual a 18,5, 19,33 y, 23,2 mostraron eficiencias biológicas menores.

Sánchez et al. (2008), también citado por Tome (2019), cultivaron *Pleurotus pulmonarius* y *Pleurotus ostreatus* sobre tres sustratos a base de rastrojo de tomate, paja de trigo y madera de vid; la mejor eficiencia biológica de 118,5% lo lograron con el sustrato de rastrojo de tomate con 39,9 de C/N, el segundo en eficiencia biológica de 112,4% fue con el sustrato de C/N igual a 55,1 y, 111,3% de eficiencia biológica con el sustrato de C/N igual a 51,5; en términos generales se puede observar que el sustrato de menor contenido de C/N es la que presentó la mejor eficiencia biológica.



#### ***1.4.5.- Composición Nutricional del Pleurotus ostreatus***

Según los resultados del trabajo de investigación de Jin et al. (2018), también citado por Tome (2019), sobre el análisis químico de los cuerpos fructíferos del hongo cultivado sobre los sustratos de mazorca de maíz, **indicaron que la suplementación del sustrato con 30% de residuos de hierbas medicinales aumentaron significativamente las proteínas, aminoácidos, cenizas, minerales (Na y Ca) y el contenido fenólico, pero redujo significativamente los carbohidratos en comparación con lo obtenido de los cuerpos fructíferos del sustrato control** (ver tabla 14) **y, además señalaron que no detectaron metales pesados (Pb, Cd, y As).**

La harina de almendra desgrasada (DAM), desperdicio después de la extracción de aceite, fue utilizada como suplemento de un sustrato base en la producción *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) *P. Kumm* por Pardo et al. (2018), para estudiar la influencia sobre el rendimiento y composición nutricional de la seta y; en relación a las características nutricionales de los cuerpos fructíferos provenientes de los sustratos suplementados con la harina de almendra desgrasada (DAM) en comparación de los cuerpos fructíferos provenientes del sustrato control (sin harina de almendra desgrasada) señalaron que; hay una disminución significativa en el contenido de agua, niveles de grasa, carbohidratos y cenizas del carpóforo y, un aumento en el contenido de proteínas según se incrementa el porcentaje de la harina de almendra desgrasada, tal como se puede observar en la tabla 15.

**Tabla 14**

Composición proximal de *Pleurotus ostreatus* producidos sobre mazorca de maíz suplementado con diferentes hierbas residuales.

Composición *	CC (Control)	CC+ 30% CKI	CC + 30% QC1	CC + 30% QC2
Humedad (g/100g)	90,27± 1,30	86,45±1,07	90,58±0,81	87,20±1,04
Proteína bruta (g/100g)	18,35±0,52	21,43±1,18	22,74±0,80	25,68±1,38
Grasa bruta (g/100g)	2,58±0,17	2,49±0,18	2,34±0,21	2,56±0,09
Ceniza (g/100g)	7,82±0,28	9,65±0,78	8,76±0,74	9,09±0,55
Carbohidrato total (g/100g)	71,26±0,68	66,43±1,75	66,16±0,91	62,54±1,19

Nota. Las medidas se expresan en base al peso seco, excepto la humedad, que se expresa en base al peso fresco. Adaptada de “Yield, Nutritional Content, and Antioxidant Activity of *Pleurotus ostreatus* on Corncobs Supplemented with Herb Residues” (p. 28), por Jin et al., 2018, *Mycobiology*, 46.

**Tabla 15**

Caracterización micro química de *Pleurotus ostreatus* según los tratamientos

Suplemento	Humedad	Proteína bruta (g/100g dm)	Grasa bruta (g/100g dm)	Carbohidratos (g/100g dm)	Cenizas (g/100gdm)
NS	92,41	14,35	1,84	77,89	5,91
PROP-D8	92,2	15,49	1,76	76,97	5,79
DAM-D5	92,1	15,32	1,9	76,88	5,89
DAM-D10	91,68	16,51	1,45	76,6	5,45
DAM-D15	91,4	17,62	1,50	75,26	5,62

Nota: NS: Control no suplementado, PROP: Control Promycel *Pleurotus*, DAM: Harina de almendra desgrasada, D5: Cantidad de suplemento 5 g/kg, D10: Cantidad de suplemento 10 g/kg, D15: Cantidad de suplemento 15 g/kg. dm: materia seca. Tomado de “Recycling of the biomass waste defatted almond meal as a novel nutritional supplementation for cultivated edible mushrooms” (p. 6), por Pardo et al., 2018, *Acta Scientiarum. Agronomy*,

Al cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre 4 diferentes sustratos (aserrín de conífera+ paja de arroz, aserrín de bambú + paja de arroz, aserrín de conífera + residuos del destilado del camote fermentado y, aserrín de bambú + residuos del destilado del camote fermentado), en relación a la composición nutritiva del cuerpo fructífero obtenido, Yamauchi et al. (2018), señalaron que; **la adición de residuos del destilado del camote fermentado (SPSL) al aserrín de bambú y al aserrín de conífera, incrementó el contenido de proteínas (43,8% y 41,1% respectivamente) y disminuyó los contenidos de carbohidratos** (ver tabla 16). También señalaron que, **los aminoácidos libres en los cuerpos fructíferos de los medios de bambú presentaron 1,5 veces más altos que los medios convencionales.**

**Tabla 16**

*Componentes principales de Pleurotus ostreatus producidos sobre cuatro sustratos*

<b>Grupos de prueba</b>	<b>Proteínas *</b>	<b>Lípidos *</b>	<b>Carbohidrato *</b>	<b>Cenizas *</b>
CS+RB	35,1	1,8	56,8	6,3
BS + RB	33,5	1,8	57,5	7,1
CS + SPSL	41,1	3,2	48,3	7,4
BS + SPSL	43,8	3,4	43,8	9,0
Rev. 7 <sup>ma</sup> ed.**	31,1	2,8	58,6	7,5

Nota: \* g/100g de peso seco. CS (aserrín de conífera), RB (paja de arroz), BS (aserrín de bambú), SPSL (residuos del destilado del camote fermentado). \*\* Tabla estándar de la composición en Japón. Adaptada de “Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on fermented moso bamboo sawdust” (p. 4), por Yamauchi et al., 2018, journal of King Saud University – Science xxx.

La composición proximal del hongo ostra cultivado sobre diferentes sustratos fueron evaluados por Onyeka y Okechie (2018); para lo cual utilizaron seis diferentes sustratos y en relación a las características nutritivas determinaron que; las cualidades nutritivas son similares a

otros hongos exóticos y presentan un contenido mayor de proteínas que algunos cereales y verduras. Además, señalaron que las cosechas del sustrato Aserrín + paja de arroz + CaCO<sub>3</sub> (SDR), contenían vitaminas y minerales más altos en comparación con otros, mientras que del sustrato de cáscara de yuca sólo (CPO) tuvo el contenido más bajo de proteínas (20,10%) y, finalmente concluyen que; los sustratos SDC (Aserrín + Cáscara de yuca + CaCO<sub>3</sub>) y SDR (Aserrín + paja de arroz + CaCO<sub>3</sub>) son buenos sustratos, por la productividad y el contenido proteico de la seta (ver tabla 17).

**Tabla 17**

*Composición Proximal de hongos ostra cultivada en diferentes sustratos.*

Sustrato	%Humedad	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%Cenizas
SDO	89,36	3,00	0,26	1,75	1,27
SDR	89,17	2,99	0,15	2,28	0,25
SDW	86,6	2,11	0,40	1,80	1,27
SBL	72,23	3,98	1,83	3,18	0,44
SDC	81,80	3,15	0,66	3,95	0,73
CPO	87,30	2,73	0,15	1,69	0,79

Nota: SDO: aserrín sólo, SDR: Aserrín + salvado de arroz + CaCO<sub>3</sub>, SDW: Aserrín + desperdicio de maíz + CaCO<sub>3</sub>, SBL: Aserrín + hojas de plátano, SDC: Aserrín + cáscara de yuca + CaCO<sub>3</sub>, CPO: Cáscara de yuca sólo. Los datos son la medida de tres lecturas y en base al peso húmedo. Tomado de “Effect of substrate media on growth, yield and nutritional composition of domestically grown oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*)” (p. 146), por Onyeka y Okehie, 2018, *African Journal of Plant Science*, 12.

Según Ruilova et al. (2017), el factor C/N de los sustratos agrícolas está relacionado con la producción y la composición proteica del *Pleurotus ostreatus*; ya que según sus resultados en

relación al contenido proteico señalaron que, **con un contenido elevado de la relación C/N (72,40 y 104,63) del sustrato hay una tendencia a disminuir en el contenido de proteínas (17,2 y 16,51 respectivamente), mientras que con la relación C/N del sustrato de 33,21, 38,72 y, 47,99 el contenido de proteínas de las setas, sin diferencias estadísticamente significativas, fueron mejores: 29,23%, 31,26% y, 31,13% respectivamente (ver tabla 3).**

En el Perú Ríos et al. (2017), aislaron *Pleurotus spp* de la región San Martín y, después de cultivarlo sobre pulpa de café, determinaron un contenido proteico de  $19,00 \pm 1,28$ , superior al contenido proteico de otro hongo comestible *Auricularia spp* que sólo fue de 9 %. Los investigadores no señalan el efecto del sustrato en el contenido de proteínas de las setas, pero muestran una comparación entre las dos setas comestibles cultivadas sobre el mismo sustrato.

Hoa et al. (2015), del cultivo de la seta *Pleurotus ostreatus* sobre siete sustratos a base de mazorca de maíz y aserrín de acacia señalaron que; la composición nutricional de las setas, cosechados del sustrato de 100% de mazorca de maíz de C/N igual a 34,57, fue de 29,70% y, los demás sustratos de relación C/N superiores a 34,57 presentaron un contenido proteico inferiores a 29,70%. En la tabla 5 se puede observar la formulación de los diferentes sustratos y sus respectivos valores de C/N y, en la tabla 18 la composición de las setas según los sustratos donde fueron cultivados y; de la relación de ambas tablas se nota que los sustratos de C/N de 42,55 a 51,71 permitieron el contenido proteico de los cuerpos fructíferos de 19,52% a 25,65%, es decir, el mejor contenido de proteínas en las setas se obtuvo del cultivo sobre el sustrato de C/N igual 34,57 y, de las cosechas de las setas provenientes de los sustratos con C/N superiores a éste valor, presentaron una disminución en el contenido de proteínas.

**Tabla18**

*Efecto de diferentes sustratos formulados sobre la composición de la seta Pleurotus ostreatus.*

Sustrato	%Humedad	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%Carbohidrato
100% SD	91,06	19,52	1,32	22,00	51,26
100%SB	91,56	21,13	2,00	29,25	34,94
50%SD+50%SB	89,71	24,17	2,50	28,75	37,88
80%SD+20%SB	89,37	21,88	2,78	24,02	44,97
100%CC	90,57	29,70	2,67	29,75	30,78
50%SD+50%CC	90,37	25,65	1,80	28,25	37,50
80%SD+20%CC	89,89	20,89	2,08	23,04	42,62

Nota: Aserrín de acacia (SD), Bagazo de caña de azúcar (SB) y, Mazorca de maíz (CC). Adaptado de “The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*)” (p. 431) por Hoa, et al., 2015, *Mycobiology*, 43.

Existen diferentes resultados sobre la composición nutricional de la seta *Pleurotus ostreatus* según el sustrato donde fueron cultivados y, a continuación se señala a los autores, el sustrato empleado y, el porcentaje de proteína en base seca que va desde 9,29% a 28,6%: según Fernandes et al. (2015) del cultivo sobre papel blanco reportaron 9,71 % de proteínas, de papel impreso 9,29 %, de paja de avena 14,7 %; Sharma et al. (2013), 25,97% de proteína tras ser cultivado sobre paja de arroz, 25,38 % del cultivo sobre paja de arroz y trigo, 24,72% de proteína tras su cultivo sobre paja de arroz y papel, 22,89% con bagazo de caña de azúcar y,

23,87% de proteína tras su cultivo sobre aserrín; según Aguinaga (2012) del bagazo de caña de azúcar 21,89 %; según Varnero et al. (2010) 25,6% de proteínas del que fue cultivado sobre paja de trigo, 25,4% desde astillas de eucalipto, 24,4 % del que proviene del sustrato paja de trigo mezclado con astillas de eucalipto y, 22,9% de la que proviene del sustrato astillas de álamo y; según Forero et al. (2008) 15,6% de proteínas de la seta cultivadas sobre 93% pasto (corte de Grass) mezclado con 5% salvado de trigo, 28.6% de la cosecha sobre el sustrato constituido de 73% residuos de ají mezclado con 20% pasto (corte de Grass) y 5% de salvado de trigo, 24,4% del que proviene del sustrato de 53% residuos de ají mezclado con 40% pasto (corte Grass) y 5% de salvado de trigo y, 23,4% de proteínas en las setas cultivadas sobre el sustrato constituidas por 33% residuos de ají mezclado con 60% pasto (corte Grass) y 5% de salvado de trigo.

En Argentina, Bernardita y López (2004), cultivaron *Pleurotus ostreatus* sobre paja de trigo y tronco de álamo y, compararon las características nutricionales con otros hongos comestibles y vegetales que se consumen en la dieta diaria de un ser humano; en la tabla 19 se nota que el mejor contenido de proteínas (24,2%) lo lograron con el sustrato paja de trigo frente al contenido de proteínas (17,3%) de las cultivadas sobre tronco de álamo; por otro lado, en la tabla 20 se observa que el contenido de proteínas de las setas cultivadas son superiores al contenido de proteínas de la lechuga, zanahoria, tomate y cebolla y, comparable con el contenido proteico de la espinaca y espárragos.

**Tabla 19**

Comparación de la composición nutricional (en base seca) de *Pleurotus ostreatus* con otros hongos comestibles

Espece	Valor energético (kcal)	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidrat os (%)	Ceniza (%)
Champiñones	353	28,1	3,1	59,4	9,4
Hongo de pino	362	29,7	3,1	59,7	7,5
Shii-take	392	13,4	4,9	78	3,7
Girgola (Trigo)*	386	24,2	1,3	69,2	4
Girgola (Álamo)*	376	17,3	1,2	74,2	6
Morcellas	358	20,4	4,80	64,4	10,4

Nota: *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre paja de trigo o álamo. Tomado de “*Pleurotus ostreatus*, una opción en el Menú Estudio sobre las Gírgolas en la dieta diaria” (p. 129), por Bernardita & López, 2004, *INVENIO*, 7.

**Tabla 20**

Comparación de la composición nutricional (en base húmeda) de *Pleurotus ostreatus* con vegetales

Alimento	Agua	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidrat os (%)	Fibra (%)
Girgola (Álamo)*	90,13	1,73	0,12	7,42	6,14
Girgola (Trigo)*	90,13	2,42	0,13	6,92	6,94
Lechuga	95,1	0,8	0,5	1,7	1,1
Zanahoria	89,8	0,6	0,3	7,9	1,54
Tomate	93,1	0,7	0,3	3,1	1,23
Cebolla	89,0	1,2	0,2	7,9	1,9
Espinaca	89,7	2,8	0,8	1,6	1,6
Esparrago	91,4	2,9	0,6	2,0	-

Nota: \* *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre sustrato paja de trigo o álamo. Tomado de “*Pleurotus ostreatus*, una opción en el Menú Estudio sobre las Gírgolas en la dieta diaria” (p. 131), por Bernardita & López, 2004, *INVENIO*, 7.



## 1.5 Justificación de la Investigación

El hongo *Pleurotus ostreatus* posee enzimas que le permite metabolizar moléculas orgánicas complejas, los cuales fueron demostrados por Montoya et al. (2014) señalando la producción de las enzimas endoglucanasa, exoglucanasa, lacasa y lignina peroxidasa de 10 especies de hongos, dentro de las cuales estaba *Pleurotus ostreatus* y; Job (2004), demuestra la capacidad de este hongo de metabolizar alcaloides, al cultivar la cepa industrial HK35 de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes sustratos que contienen de 17,8 a 55% de borra de café industrial en el cual concluye: **“Además, el análisis de la cafeína efectuado en el sustrato indica que la misma es degradada hasta un 59 % por el micelio y que ésta no es incorporada en las fructificaciones recogidas indicando su degradación por el micelio”** (p. 195). Es decir, el valor nutricional del hongo se mantiene aceptable en función de los sustratos utilizados, al respecto Fernandes et al. (2015) evaluaron la composición química de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* cultivados en sustratos de papel impreso y en blanco, en comparación con muestras cultivadas en paja de avena (control) y, concluyeron: **“Las propiedades nutricionales de la muestra de control fueron similares a los valores reportados en la literatura, mientras que la composición química de las muestras obtenidas utilizando desechos de papel, ya sea en blanco o impreso, fue altamente satisfactoria”** (p. 399). Por las razones señaladas anteriormente es que; en el presente trabajo de investigación se ha decidido trabajar con la cepa *Pleurotus afín ostreatus*, aislada de la ciudad de Tingo María – Perú, y evaluar su capacidad de crecimiento y fructificación sobre sustratos elaborados de acuerdo al balance C/N con los residuos de la poda del césped complementado con aserrín, con la proyección de contribuir con el desarrollo sustentable de un ecosistema urbano, ya que se trata de una actividad económica eco eficiente, donde se utiliza un residuo orgánico no aprovechado

en la producción de un alimento y, además, el sustrato después del cultivo del hongo, puede ser utilizado como abono natural mejorador de suelos.

### **1.6 Limitaciones de la investigación**

El césped residual de la poda de las áreas verdes es considerado como basura y no se aprecia la riqueza ligno – celulósica para el cultivo y producción de *Pleurotus afín ostreatus*; además, en nuestro medio no hay una cultura gastronómica en el consumo de hongos comestibles, y mucho menos de la seta *Pleurotus afín ostreatus* y, esto es debido a un desconocimiento de la población sobre las bondades nutritivas y farmacológicas que tienen.

### **1.7 Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Determinar en qué medida el sustrato, de residuos del césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N, permite un mejor crecimiento, fructificación y contenido proteico del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus*.

#### ***Objetivos Específicos***

- Evaluar la velocidad de crecimiento de *Pleurotus afín ostreatus* sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa.
- Evaluar el tiempo de invasión del micelio del *Pleurotus afín ostreatus* sobre granos de cebada y/o trigo.
- Evaluar la producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* del cultivo sobre sustratos de residuos de césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N.
- Determinar la composición nutritiva y contenido de proteínas de *Pleurotus afín ostreatus* cosechadas del sustrato con mayor productividad.

## 1.8 Hipótesis

### *Hipótesis General:*

El sustrato adecuado de residuos del césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance C/N igual a 30, permite un mejor crecimiento, fructificación y contenido de proteínas del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus*.

### *Hipótesis específicas:*

- La velocidad de crecimiento de *Pleurotus afín ostreatus* es bueno sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa.
- La invasión del micelio del *Pleurotus afín ostreatus* sobre granos de cebada y/o trigo es rápida.
- La producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* depende de un sustrato adecuado de residuos de césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N.
- Los cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* cosechadas del sustrato con mayor productividad presentan una buena composición nutritiva y contenido de proteínas.

## II.- MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco Conceptual

#### 2.1.1.- *Los Hongos:*

Según Willey et al. (2009), también citado por Tome (2019), el término hongo es utilizado para referirse a los microorganismos eucariotas, que forman esporas sexuales y asexuales, considerados saprófitos porque obtienen sus nutrientes de la materia orgánica muerta y, según su metabolismo son considerados como quimioorganoheterótrofos; es clasificado en 8 divisiones según la Sociedad Internacional de Protistólogos y, la división Basidiomycota incluyen a las setas.

#### 2.1.2.- *Las setas*

Según la Real Academia Española (2018) define a las setas como “Cualquier especie de hongo, comestible o no, con forma de sombrilla, sostenido por un pedicelo”, sin embargo, Gaitán et al. (2006), utiliza el término seta para referirse particularmente a todas las variedades del género *Pleurotus*.

#### 2.1.3.- *Pleurotus ostreatus:*

*Pleurotus ostreatus* es una seta comestible de carpóforo blanco en forma de ostras, que crece de forma natural sobre los troncos caídos de los árboles y, es conocido con diferentes nombres populares según la población humana que recolecta y lo consumen, por ejemplo, en México según Gaitán et al. (2006) es conocido con los nombres de hongos ostra, orejas blancas u, orejas de palo y, en el Perú según Pavlich et al. (2001) se les conoce como pecho de gallina. En la actualidad, no sólo se recolecta las setas, sino también se están realizando cultivos para el comercio en los mercados debido a las propiedades nutritivas y por su facilidad en el cultivo; según Piña et al (2016), Melo de Carvalho et al.(2010)y, Sánchez y Royse (2001), el cultivo de la

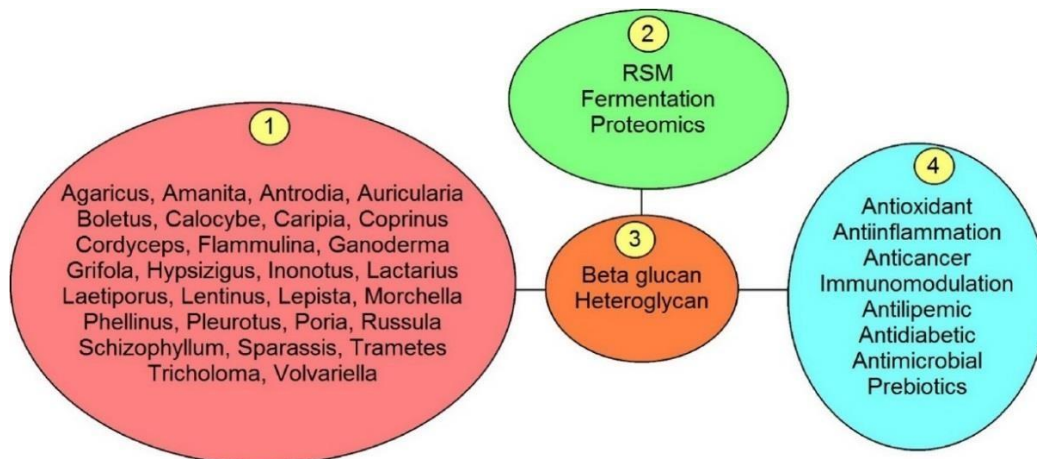
seta comestible *Pleurotus ostreatus* es importante debido a la capacidad de nutrirse de moléculas complejas de los residuos orgánicos ricos en celulosa y lignina; según Jwanny et al. (1995), por la facilidad del manejo durante el cultivo de la seta; según Piña et al. (2016) y, Kumari y Achal (2008), por sus cualidades alimenticias de éste hongo, ya que contiene poca grasa y carbohidratos y una considerable cantidad de proteínas y; según Piña et al. (2016) y, Asaduzzaman y Mousumi (2012) por las bondades medicinales del hongo como antioxidante, hepatoprotectora, antidiabética y, anticancerígena.

#### **2.1.4.- Propiedades medicinales del *Pleurotus ostreatus***

Debido a las propiedades nutritivas y al mismo tiempo medicinales de las setas comestibles *Pleurotus ostreatus*, en la actualidad se le reconoce como un nutraceutico; en los antecedentes ya se ha mencionado sobre la propiedad nutritiva que poseen y, sobre sus bondades medicinales han sido demostradas por varios investigadores que también fueron citados por Tome (2019); así tenemos de una revisión sobre las propiedades medicinales de los hongos comestibles, Kothari et al. (2018), señalaron que hay numerosos estudios que demuestran que los polisacáridos de los hongos presentan propiedades antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerosos, antidiabéticos, antimicrobianos, antilipémicos y, hasta inmunomoduladores; Deepalakshmi y Mirunalini (2016) señalaron que el *Pleurotus ostreatus* evita el cáncer a las mamas; Zhang Hu et al. (2016) demostraron el efecto antidiabético en ratas alimentadas con *Pleurotus ostreatus*; Zhang et al (2016) determinaron que el extracto de polisacáridos del *Pleurotus ostreatus* previene y mejora la enfermedad de Alzheimer y; Bobek y Galbavý (1999), determinaron la propiedad de la seta de reducir el colesterol. En la figura 1, diseñada por Kothari et al. (2018), se muestra las bondades medicinales de los hongos comestibles y, al beta glucano como principio activo de la acción.

**Figura 1**

*Acción farmacológica del extracto de polisacáridos de hongos comestibles*



Nota: Se muestra las bondades del beta glucano extraído de diferentes hongos comestibles. Tomado de “Anticancer and other therapeutic relevance of mushroom polysaccharides: A holistic appraisal”, por Kothari et al., 2018, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 105.

### **2.1.5.- Pleurotus ostreatus y su cultivo sobre diferentes sustratos**

Anteriormente se ha señalado la característica nutricional de los hongos de ser saprófitos y, gracias a su capacidad enzimática pueden degradar diversas moléculas orgánicas como la celulosa, hemicelulosa y lignina; moléculas orgánicas abundantes que no son aprovechadas y son considerados como residuos, el *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible con bondades nutritivas que ha llamado la atención para ser cultivados sobre diferentes residuos orgánicos; según Piña et al. (2016), también citado por Tome (2019), para el cultivo del hongo seta (*Pleurotus spp*) se puede utilizar los residuos agrícolas y agroindustriales, resaltando que se trata de una actividad amigable con el ambiente porque permite el manejo y tratamiento de una serie de residuos orgánicos que generan las actividades económicas de la población humana;

reportaron 11 diferentes especies del género *Pleurotus* que son cultivados para el consumo humano (*Pleurotus florida*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus columbinus*, *Pleurotus albidus*, *Pleurotus citrinopileatus*, *Pleurotus cornucopiae* y *Pleurotus flabellatus*), empleando los siguientes residuos agroindustriales: paja de trigo, paja de arroz, paja de cebada, paja de soya, paja de frijol, paja de sésamo, rastrojo de algodón, rastrojo de maíz, rastrojo de tomate, rastrojo de sorgo, rastrojo de Jamaica, rastrojo de quinua, pulpa de café, pulpa de limón, pulpa de cardamomo, bagazo de maguey tequilero, bagazo de caña de azúcar, bagazo de cervecería, bagazo de yuca, bagazo de remolacha azucarera, aserrín-virutade madera, viruta de cedro, viruta de pino, astillas de eucalipto, residuos de maíz, hierba de la india, malezas y especies arbustivas del bosque, pastos forrajeros, capuchones (de cacao, coco, cacahuete, semilla de girasol), cáscaras y cascarillas ( de arroz, uchuva, algodón, arveja), papel y cartón, fibras (de palma, yute, coco, sisal), hojas y tallos (plátano, algodón, maíz, brócoli y coliflor) y, residuos vitivinícolas y; presentaron las eficiencias biológicas logradas por los investigadores que van desde 4,2% hasta 225,2%; según la revisión, con la especie *Pleurotus pulmonarius* lograron la mejor eficiencia biológica de 225,2% utilizando como sustrato la pulpa de café, la segunda mejor eficiencia biológica de 161,7% lo lograron con *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre paja de trigo y, la eficiencia biológica más baja fue de 4,2% con el *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre astillas de eucalipto (ver tabla 21). El cultivo del *Pleurotus spp*, como una actividad económica, amerita la búsqueda de cepas nuevas y residuos orgánicos no aprovechados, en tal sentido Lechner y Albertó (2011), citado por Piña et al. (2016), señalaron la necesidad de buscar nuevas cepas naturales de *Pleurotus ostreatus* (no transgénico) para mejorar la producción y, además promovieron a *Pleurotus albidus* como una nueva especie para la producción de hongos

comestibles utilizando paja de trigo como sustrato; Kumari y Achal (2008), también citado por Tome (2019), sobre el cultivo del hongo ostra, determinaron la importancia del tipo de sustrato en el cultivo, al señalar que hay un efecto de los diferentes sustratos sobre la producción de la actividad antioxidante no enzimática en la seta comestible y; Salmenes et al. (2005), realizaron un estudio comparativo del cultivo de *Pleurotus spp* sobre sustratos de pulpa de café y paja de trigo y, señalaron una mejor eficiencia biológica con el sustrato de pulpa de café.

Para llevar a cabo el cultivo de *Pleurotus ostreatus* es necesario pasar por diferentes etapas; para Melo de Carvalho et al. (2010) deben realizarse seis etapas: preparación de la matriz, preparación del sustrato, pasteurización del sustrato, siembra de la semilla del hongo, incubación y, finalmente la cosecha de los cuerpos fructíferos de la seta. Para Gaitán et al. (2006) y, Sánchez y Royse (2001), las semillas del hongo o blanco, es la proliferación del micelio sobre diferentes granos de cereales, tales como trigo, sorgo, cebada, avena, mijo, arroz, maíz etc. La pasteurización es para reducir a los microorganismos competidores y, según Gaitán et al. (2006) puede realizarse con vapores de agua a una temperatura de 70 a 80 °C por 2 a 4 horas o, por inmersión en agua caliente de 70 a 80° por 1 hora; sin embargo, los sustratos también pueden ser esterilizados a 121 °C por 15 a 30 minutos con una autoclave. La siembra, es colocar la semilla sobre los sustratos ya pasteurizados o esterilizados, según Gaitán et al. (2006) debe realizarse en capas alternas con el sustrato en una proporción de 3 a 5% del peso húmedo del sustrato y, según Sánchez y Royse (2001) debe ser una mezcla homogénea de la semilla con el sustrato, en una proporción de 0,8 a 15% del peso del sustrato. La incubación, es mantener los cultivos a una temperatura constante, para Gaitán et al. (2006) y, Sánchez y Royse (2001), debe ser de 25 a 28°C en oscuridad. Finalmente, para la cosecha, se debe favorecer la fructificación del hongo, el cual se logra con mayor aireación y sometiendo los cultivos a fotoperiodo.



**Tabla 21**

*Eficiencia Biológica de distintas especies del género Pleurotus sobre diversos residuos agroindustriales*

<b>Residuos utilizados</b>	<b>Especies de Pleurotus</b>	<b>EB (%)</b>	<b>Referencia</b>
Paja de Trigo	<i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Pleurotus florida</i> , <i>Pleurotus sajor-caju</i> , <i>Pleurotus albidus</i> , <i>Pleurotus pulmonarius</i> , <i>Pleurotus eryngii</i> , <i>Pleurotus djamor</i>	30,5 a  161,7	Philippoussis et al. 2001, Salmones et al. 2005, Ahmed et al 2009, Varnero et al. 2010, Fanadzo et al. 2010, Romero et al. 2010, Kurt y Buyukalaca 2010, Flores 2012, <b>Lechner y Albertó 2011</b>
Paja de Arroz	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. florida</i> , <i>P.djamor</i>	50,6-75,1	Basak et al. 1996, Obodai et al.2003, <b>Ahmed et al. 2009</b> , Kurt y Buyukalaca 2010
Paja de Cebada	<i>P. ostreatus</i> , <i>P.</i>  <i>pulmonarius</i> , <i>P. djamor</i>	66,3-  124,88	Salmones et al. 2004, Pérez y Mata  2005, Romero et al. 2010
Paja de soya	<i>P. florida</i> , <i>P. eous</i>	76,8-87,56	<b>Ahmed et al. 2009</b> , Ingale y Ramteke  2010
Paja de frijol	<i>P. ostreatus</i>	76,95	Romero et al. 2010
Paja de sésamo	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-</i>  <i>Caju</i>	66,2-91,3	Kurt y Buyukalaca 2010
Rastrojo de algodón	<i>P. ostreatus</i> , <i>P.</i>  <i>pulmonarius</i>	70,61-  116,7	Philippoussis et al. 2001
Rastrojo de maíz	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-</i> <i>caju</i> , <i>P. pulmonarius</i> , <i>P.</i> <i>Floridae</i>	19,9-154,1	Obodai et al. 2003, <b>Bernabé-González et al. 2004</b> , Loss et al. 2009, Romero et al. 2010, Fanadzo et al. 2010
Rastrojo de tomate	<i>P. ostreatus</i>	118,5	Sánchez et al. 2008
Rastrojo de sorgo	<i>P. sajor-caju</i>	36,8	Ragunathan y Swaminathan 2003
Rastrojo de Jamaica	<i>P. pulmonarius</i>	44,1-78,4	Bernabé-González et al. 2004

**Tabla 21**

(Continuación) Eficiencia Biológica de distintas especies del género *Pleurotus* sobre diversos residuos agroindustriales

Rastrojo de quinua	<i>Pleurotus florida</i>	32	Toledo 2008
Pulpa de café	<i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Pleurotus sajor-caju</i> , <b><i>Pleurotus pulmonarius</i></b> , <i>Pleurotus djamor</i>	67,1-225,2	Bermúdez et al. 2001, 2007, Velásquez-Cedeño et al. 2002, Salmones et al. 2005, Garcia et al. 2006, Huerta et al. 2009
Pulpa de limón	<i>P. ostreatus</i>	5	Rashad et al. 2009
Pulpa de cardomomo	<i>P. ostreatus</i>	113,64	Morales 1987
Bagazo de maguey tequilero (S y F)	<i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Pleurotus sajor-caju</i> , <b><i>Pleurotus pulmonarius</i></b>	69,1-78,3	Lara et al. 2002, <b>Bernabé-González et al. 2004</b>
Bagazo de caña de azúcar	<i>P. sajor-caju</i>	13,9-19,2	Moda et al. 2005
Bagazo de cervecera	<i>P. eryngii</i>	41,0-87,4	Andrino et al. 2011
Bagazo de yuca	<i>P. ostreatus</i>	54,7-69,4	Flores 2012
Bagazo de remolacha azucarera	<i>P. ostreatus</i>	11,8	Jafarpour et al. 2010
Aserrín-viruta de madera	<i>P. columbinus</i> , <i>P.</i> <i>ostreatus</i> , <i>P. albidus</i>	47,2-135,6	Obodai et al. 2003, Narth et al. 2011, <b>Lechner y albertó 2011</b> , Jafapour etal. 2010, Mandeel et al. 2005
Viruta de cedro	<i>p. ostreatus</i> , <i>P. sajor-</i> <i>caju</i>	68,5-89,4	Bermúdez et al. 2007
Viruta de pino	<i>P. ostreatus</i> , <i>P.</i> <i>pulmonarius</i>	27,9-53,5	Pérez y mata 2005
Astillas de eucalipto	<i>P. ostreatus</i>	4,2	Varnero et al. 2010
Residuos de maíz	<i>P. ostreatus</i> , <b><i>P.</i></b> <b><i>florida</i></b> , <i>P. citrinopileatus</i>	16,5-78,8	Obodai et al. 2003, Toledo 2008, <b>Naraian et al. 2009</b> , Liang et al. 2009, Mamiro2011

**Tabla 21**

(Continuación) Eficiencia Biológica de distintas especies del género *Pleurotus* sobre diversos residuos agroindustriales

Hierbas de la India	<i>P. sajor-caju</i>		Rajak et al 2011
Malezas y especies arbustivas del bosque	<i>P. ostreatus</i>	22,9-97,9	<b>Tisdale et al. 2006</b> , Das y Mukherjee 2007, Fracchia et al. 2009
Pastos forrajeros	<b><i>P. ostreatus</i>, <i>P. cornucopiae</i>, <i>P. citrinopileatus</i></b>	5,3-57,3	Royse et al. 2004, <b>Liang et al. 2009</b> , Fanadzo et al. 2010, Mamiro y Mamiro, 2011
Capuchones, cáscaras y cascarillas (de cacao, coco, cacahuate, semilla de girasol, arroz, uchuva, algodón, arveja)	<b><i>P. ostreatus</i>, <i>P. eryngii</i>, <i>P. pulmonarius</i>, <i>P. citrinopileatus</i></b>	7,8-120,7	Bermúdez et al. 2011, Philippoussis et al. 2001, Obodai et al. 2003, López- Rodríguez et al. 2008, Rodríguez Estrada et al. 2009, Liang et al 2009, <b>Jafarpour et al. 2010</b>
Papel y cartón	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. colombinus</i>	100,8-134,5	Mandeel et al. 2005
Fibras (de palma, yute, coco, sisal)	<b><i>P. ostreatus</i>, <i>P. sajor-caju</i>, <i>P. flabellatus</i>, <i>P. columbinus</i></b>	27,3-97,2	Basak et al. 1996, Rangunathan y Swaminathan 2003, Mandeel et al. 2005, Mshandete y Cuff 2008, Jafarpour et al. 2010
Hojas y Tallos (plátano, algodón, maíz, brócoli y coliflor)	<b><i>P. ostreatus</i>, <i>P. sajor-caju</i>, <i>P. citrinopileatus</i>, <i>P. florida</i></b>	37,2-123,3	Basak et al. 1996, Rangunathan y Swaminathan 2003. Obodai et al 2003, Liang et al. 2009, <b>Romero et al. 2010</b> , Heredia 2010
Residuos vitivinícolas	<i>P. ostreatus</i> , <i>P. sajor-Caju</i>	70,4-73,6	Kurt y Buyukalaca 2010

Nota: En negritas se presentan los estudios en los que se obtuvieron las mayores EB. S: Sustrato seco, F: Sustrato fermentado. Tomado de “Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.)” (p. 146), por Piña et al., 2016, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32.

Después de la cosecha del *Pleurotus ostreatus*, queda un sustrato degradado llamado sustrato gastado que podría ser aun utilizado; según Postemsky y López (2016) los sustratos gastados, provenientes del cultivo de hongos comestibles, son más estables y pueden usarse en la horticultura como sustratos para las plántulas, como mejorador de suelos y como biofertilizantes; según Nakatsuka et al (2016) la adición de sustratos gastados al suelo generan mejoras en corto tiempo, permitiendo desarrollar microestructuras granulares de 15 a 20 cm en el horizonte A y esponjosas de 45 a 50 cm y de 70 a 75 cm en el horizonte B; según Wanzenböck et al. (2017), el sustrato gastado puede ser utilizado como alimento para animales y; según Rangubhet et al. (2017), después de utilizar el sustrato gastado como parte de la alimentación del ganado vacuno, señalaron una disminución de la población de protozoos y una reducción en la emisión del metano en el rumen del animal.

Todos los estudios señalados anteriormente, fundamentan que el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, es una actividad que contribuye al desarrollo sustentable de la humanidad.

### ***2.1.6- Factores intrínsecos y extrínsecos en el cultivo de Pleurotus ostreatus.***

Controlar los factores fisicoquímicos en el cultivo de los microorganismos es importante y, hay diversas informaciones que señalan los valores óptimos para tener éxito en el cultivo de un determinado microorganismo, en el caso particular de las setas comestibles de las especies del género *Pleurotus*, Bellettini et al. (2016), también citado por Tome (2019), realizaron la investigación de una revisión sobre los diferentes factores que afectan la producción de *Pleurotus* spp, agrupados en factores intrínsecos y factores extrínsecos. Dentro de los factores intrínsecos revisaron: composición del sustrato, que influye en la cantidad y calidad de la producción; fuente de nitrógeno, cuya dosis excesiva o menores influyen negativamente en el crecimiento del hongo; pH, recomendable de 4 a 7 para el crecimiento micelial y, de 3,5 a 5 para la

fructificación; humedad, recomendable de 50% a 75%; minerales, que deben adicionarse los limitantes para mejorar el crecimiento; tamaño del sustrato, recomendado de 5 a 6 cm de longitud y; niveles de inóculo de la semilla, recomendado de 5 a 10% del contenido del sustrato. Y, entre los factores extrínsecos tratados por los investigadores señalaron: el tratamiento térmico del sustrato; temperatura de incubación, recomendado entre 25 a 30 °C; humedad, 60% a 75% recomendado para el crecimiento micelial y, 85% a 97% para la fructificación; luminosidad, oscuridad para el crecimiento micelial y fotoperiodo para la fructificación y; composición del aire, mayor ventilación para el fructificado. El factor del balance de la relación C/N del sustrato, considerado por los investigadores dentro de los factores intrínsecos, es tratado aparte debido a la relación con el presente trabajo de investigación; sobre el efecto de este parámetro en la producción de las setas comestibles señalaron que, valores de C/N de 28 a 30 permiten una fructificación rápida y, valores extremos inferiores o superiores pueden inhibir el crecimiento del micelio del hongo.

### ***2.1.7.- Relación C/N del sustrato para el cultivo de Pleurotus ostreatus***

La relación C/N es importante para el crecimiento de los microorganismos y, en el tema del proceso de compostaje existen manuales que recomiendan una relación de 25 a 35 y otros de 20 a 35; según Huang, Wong, Wu, y Nagar (2004) y, Jhorar, Phogat, y Malik (1991), una relación C/N igual a 30 es óptima para un compostaje eficiente y, en un informe del curso taller realizado por Bioagricultura Casablanca, IGI/UNI, y Energía Desarrollo y Vida (2002) auspiciado por CONCYTEC, también señalan la importancia de un balance de C/N igual a 30 en la carga inicial de un biodigestor para la producción de biogás. Para el cultivo de *Pleurotus spp.*, en la mayoría de los trabajos de investigación revisadas anteriormente, han realizado la producción del hongo sobre sustratos que superan este valor, sin embargo, Bellettini et al. (2016), también citado

por Tome (2019), después de una revisión de la literatura científica recomienda un balance de C/N en el rango de 28 a 30.

En el informe del curso taller, biodigestores y su aplicación para el desarrollo, llevada a cabo por Bioagricultura Casablanca, IGI/UNI, y Energía Desarrollo y Vida (2002), presentaron fórmulas matemáticas del ITINTEC (Instituto de investigación Tecnológica Industrial y de normas técnicas) para calcular el balance de C/N de una mezcla:

Fórmula para calcular el balance de carbono de la mezcla:

$$CQ = \frac{A \cdot XA \cdot CA + B \cdot XB \cdot CB}{10\ 000}$$

Donde:

CQ= Carbono en la mezcla, CA= Porcentaje de carbono en peso seco de A, CB= Porcentaje de carbono en peso seco de B, XA= Porcentaje de sólidos totales de A, XB= Porcentaje de sólidos totales de B.

Fórmula para calcular el balance de nitrógeno de la mezcla:

$$NQ = \frac{A \cdot XA \cdot NA + B \cdot XB \cdot NB}{10\ 000}$$

Donde:

NQ= Nitrógeno en la mezcla, NA= Porcentaje de nitrógeno en peso seco de A, NB= Porcentaje de nitrógeno en peso seco de B, XA= Porcentaje de sólidos totales de A, XB= Porcentaje de sólidos totales de B.

Con éstas dos fórmulas se puede determinar la cantidad de A y B para que la relación C/N sea igual a 30, es decir,  $CQ/NQ=30$

**2.1.8.- Eficiencia Biológica (EB):**

La eficiencia biológica es una forma de medir y comparar la capacidad productiva de los hongos comestibles. De acuerdo a los trabajos de investigación de Melo de Carvalho et al. (2010) y, Pavlich et al. (2001), también citado por Tome (2019), se calcula con la siguiente fórmula:

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

### III.- MÉTODO

#### 3.1 Tipo de Investigación

Es una investigación experimental de causa efecto.

#### 3.2 Población y Muestra

Población: La seta comestible *Pleurotus ostreatus* producidos sobre los sustratos a base residuos del césped de jardines.

Muestra: Cuerpos fructíferos de la cepa *Pleurotus afín ostreatus* aislada de la selva peruana de Tingo María, producidas sobre los diferentes sustratos elaborados según su balance C/N a base del césped provenientes de la poda de los jardines de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao.

#### 3.3 Operacionalización de Variables

Variable independiente (X): Sustratos a base de residuos de césped proveniente de la poda de jardines

- Sustrato 1: sólo césped
- Sustrato 2: A césped + B aserrín (para que el balance C/N sea igual a 30)
- Sustrato 3: B césped + A aserrín
- Sustrato 4: sólo aserrín

Variable dependiente (Y): Eficiencia biológica (%) (Ver tabla 22)

Hay una relación de causa efecto entre las variables y, la técnica estadística para validar los resultados es la media aritmética, desviación estándar y, análisis de varianza (ANOVA).



Tabla 22

Operacionalización de Variables:

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN DE VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	MÉTODO Y TÉCNICA
X	Independiente	Sustratos a base de residuos de césped de los jardines de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Callao.	Tratamientos: Sustrato 1 (S1): sólo césped Sustrato 2 (S2): A césped +B aserrín (para C/N seaigual a 30) Sustrato 3 (S3): B césped +A aserrín Sustrato 4 (S4): sólo aserrín	Relación C/N de los sustratos:  C/N del S1  C/N del S2  C/N del S3  C/N del S4	Determinación de la relación C/N del residuo de césped (S1) y del aserrín (S4) y, con estos datos formular los sustratos S2 de C/N igual a 30 y S3 con C/N correspondiente.
Y	Dependiente	Eficiencia biológica (%) del cultivo de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> según sustrato.	Producción del hongo según sustrato	Eficiencia biológica (%) según sustrato  Composición nutritiva proximal del hongo	Cultivo del <i>Pleurotus afín ostreatus</i> , bajo las mismas condiciones, sobre 4 diferentes sustratos en bolsas de 1 kg, con 5 réplicas de cada uno y, determinación de la eficiencia biológica por tipo de sustrato.

### 3.4 Instrumentos

Los cultivos en el medio de cultivo comercial, las siembras sobre los granos de cebada y/o trigo, la siembra de las semillas del hongo sobre los diferentes sustratos, las incubaciones y, las esterilizaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao que contaba con los siguientes instrumentos de laboratorio:

- Cabina de bioseguridad para nivel de riesgo tipo III.
- Autoclave de 50 l de capacidad.
- Estufa esterilizadora BINDER
- Incubadora refrigerada FOC 225E
- Baño maría
- Conservadora de baja temperatura
- Medio de cultivo selectivo para hongos: agar papa dextrosa HIMEDIA
- Materiales de vidrio: Placas de Petri, tubos de ensayo, pipetas graduadas y, matraz
- Otros materiales: Asas de siembra, estuche de disección, etanol farmacéutico, agua destilada, pabilo, bolsas de polipropileno, papel platino y, papel Kraft.

El cultivo del hongo sobre los diferentes sustratos se llevó a cabo dentro de un invernadero rústico ubicado en el campus de la Universidad Nacional del Callao, dentro del cual se adecuó un ambiente oscuro cubierto con plástico de color negro para la invasión inicial del micelio sobre los diferentes sustratos. Y, para las pruebas de análisis químico, se enviaron muestras a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Molina.

### 3.5 Procedimientos

#### 3.5.1.- *Velocidad de crecimiento del micelio de Pleurotus afín ostreatus*

- Se preparó el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa HIMEDIA y, se esterilizó en la autoclave según sus indicaciones.
- En una cabina de bioseguridad, se colocó de 20 a 25 ml del medio de cultivo temperado a 45 °C en cada placa de Petri y, se dejó enfriar hasta que se solidifique.
- Con el asa de siembra se sembró el micelio del hongo en puntura en el centro del campo del agar papa dextrosa de seis placas de Petri.
- Se incubó a 25° C por 10 días.
- Se midió el diámetro de las colonias del hongo y, para determinar la velocidad de crecimiento (mm/día) se dividió el diámetro promedio entre los 10 días de cultivo.

#### 3.5.2.- *Proliferación de Pleurotus afín ostreatus sobre cebada y/o trigo*

- Después del lavado, los granos de cebada y trigo se dejaron sumergido en agua durante una noche (12 horas aproximadamente)
- Al día siguiente se enjuagó, se escurrió el agua y, se dejó orear unos 15 minutos.
- Se adicionó carbonato de calcio en la cantidad de 1% del peso seco del grano, se mezcló y se distribuyó 500 g en bolsas de polipropileno o botellas de boca ancha (tres réplicas) y, se esterilizó en la autoclave.
- En la cabina de bioseguridad, con un bisturí estéril se cortaron trozos (2 cm<sup>2</sup>) de agar invadido de micelio del hongo y, se colocaron en las bolsas o botellas sobre los granos esterilizados y frío.
- Se dejó incubando en la incubadora FOC 225E a 25° C hasta la invasión total del micelio del hongo sobre los granos.

### 3.5.3.- *Elaboración de sustratos, siembra y cultivo de Pleurotus afín ostreatus*

- Se colectó césped de la poda de jardines, se uniformizó el tamaño cortando con tijera en trozos de 1 a 2 cm aproximadamente y, se dejó expuesta al sol durante 1 mes.
- Se consiguió 10 kg de aserrín de forma aleatoria de una carpintería local.
- Se envió las muestras de césped y aserrín al laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su análisis de % de C y % de N.
- En el laboratorio de Microbiología Ambiental de la facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao se determinó los sólidos totales del césped y del aserrín; secando 10 g de muestra en la estufa esterilizadora Binder a 105 °C por toda la noche y, con la diferencia de pesos se obtuvieron los datos.
- Con los datos obtenidos de %C, %N y, los sólidos totales del césped y del aserrín, se reemplazó, en las fórmula del ITINTEC (Instituto de investigación Tecnológica Industrial y de normas técnicas) del informe del curso taller organizado por Bioagricultura Casa blanca, IGI/UNI, y Energía Desarrollo y Vida (2002) y, se determinó la cantidad de mezcla de césped y aserrín para un balance de C/N igual a 30 (S<sub>2</sub>) y, con las cantidades halladas se invierte las proporciones entre césped y aserrín y, con las mismas fórmulas se determinó el balance C/N del otro sustrato (S<sub>3</sub>).
- Se dejó el césped y aserrín humedeciendo en agua potable por toda una noche; al día siguiente se escurrió el exceso de agua, se dejó orear 30 minutos, se controló la humedad empuñando hasta que dejó caer sólo una gota y, luego se realizó las mezclas correspondientes

- Con una balanza de precisión se pesó 1 kg de sustrato en bolsas de polipropileno con 5 réplicas por tipo de sustrato: sólo césped ( $S_1$ ), A% de césped mezclado con B% de aserrín de tal forma que C/N sea igual a 30 ( $S_2$ ), B% de césped mezclado con A% de aserrín ( $S_3$ ) y, sólo aserrín ( $S_4$ ).
- Se determinó el % de humedad de cada sustrato; llevando 10 g de peso húmedo a la estufa esterilizadora Binder a 105 °C por toda una noche y, la diferencia de pesos nos permitió hallar el valor de la humedad.
- Los 20 sustratos elaborados fueron esterilizados en la autoclave por 30 minutos, se dejó enfriar y se procedió a la siembra.
- En la cabina de bioseguridad, en una balanza de precisión se pesó 50g de la semilla del hongo y se mezcló hasta unos 4 cm de profundidad en la superficie del sustrato.
- Se amarró con un pabilo la boca de la bolsa y, se colocó en un espacio adecuado, limpio y oscuro, dentro del invernadero rústico de la Universidad Nacional del Callao, el 7 de Setiembre del 2018. Durante el cultivo se registró la temperatura y humedad del ambiente.
- Después de tres días, con la punta del asa de siembra esterilizada, se hizo 6 pinchazos en la parte superior de las bolsas.
- Se revisó la invasión del micelio sobre el sustrato cada 7 días
- En el día 15 después de la siembra, se observó una buena invasión del micelio sobre la mayoría de los diferentes sustratos, con un bisturí estéril se hicieron agujeros de 1 cm aproximadamente de diámetro y, todas las bolsas fueron expuestas a la luz dentro del invernadero (fotoperiodo).
- Cuando se observó los primordios del hongo se procedió a desatar los pabilos y se

abrió totalmente las bolsas.

- Se regó periódicamente con un aspersor todos los cultivos de las bolsas.
- Se cosechó y se registraron los pesos de los cuerpos fructíferos del hongo respetando su procedencia (tipo de sustrato).

### **3.5.4.- Composición proximal de nutrientes del Pleurotus afín ostreatus**

Los cuerpos fructíferos cosechados desde el sustrato de mayor productividad, que fue el sustrato de C/N igual a 30, se envió al laboratorio de Análisis Físico Químico de Alimentos, de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para el análisis químico proximal.

### **3.6. Análisis de datos**

Los datos obtenidos del experimento fueron procesados estadísticamente; la velocidad de crecimiento del micelio del hongo en el medio de cultivo comercial, el tiempo de invasión del micelio sobre los granos de cebada y/o trigo y, la eficiencia biológica del cultivo sobre los diferentes sustratos, con la media aritmética y desviación estándar y; para determinar la validez de la diferencia productiva del hongo según sustrato, con el análisis de varianza (ANOVA). Los cálculos fueron realizados con el Excel 2013.

#### **3.6.1.- Estrategia de prueba de hipótesis**

Para validar estadísticamente que la producción de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* depende del sustrato según su balance de la relación C/N; se utilizaron los datos de la producción promedio del hongo por tipo de sustrato y, se realizó la prueba de hipótesis:

Paso 1:

Hipótesis nula:

$H_0$ = La producción (g) de *Pleurotus afín ostreatus* son iguales en los sustratos  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  y,  $S_4$ .

$$H_0: \mu_{S1}=\mu_{S2}=\mu_{S3}=\mu_{S4}$$

Hipótesis alternativa:

$H_1$ = La producción (g) de *Pleurotus afín ostreatus* son diferentes en los sustratos  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  y,  $S_4$ .

$$H_1: \mu_{S1} \neq \mu_{S2} \neq \mu_{S3} \neq \mu_{S4}$$

Paso 2:

$$\alpha=0,05$$

Paso 3:

$$F= \text{SMTr}/\text{SSE}$$

Dónde:

SMTr= Suma de cuadrado medio del tratamiento

SSE= Suma de cuadrado medio del error

Paso 4: Rechazar  $H_0$  si  $F > F_{(v_1, v_2)}$

Con los datos del promedio de la eficiencia biológica por sustrato (EBS) se determinó la diferencia productiva con respecto al promedio de la eficiencia biológica de todos los sustratos (PEB), es decir, la diferencia productiva según el valor de EBS-PEB.

### 3.7 Consideraciones éticas

Todas las actividades realizadas fueron con las recomendaciones de una conducta responsable en investigación

## IV.- RESULTADOS

### 4.1 Contrastación de Hipótesis

#### 4.1.1.- *Velocidad de crecimiento de Pleurotus afín ostreatus*

En la figura 2 se observa en las placas de Petri, el crecimiento radial del micelio del hongo sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa HIMEDIA después de 10 días de incubación a 25°C y, las medidas del diámetro de cada cultivo se encuentran en la tabla 23, de las cuales se determinó un promedio de la velocidad de crecimiento de 5,75 mm/día con una desviación estándar de 1,891.

#### **Figura 2**

*Crecimiento del micelio de Pleurotus afín ostreatus de 10 días a 25 °C*



Nota: Se observa el crecimiento radial del micelio sobre el agar papa dextrosa (26/4/2018).



**Tabla 23**

*Crecimiento del micelio de Pleurotus afín ostreatus*

<b>Nro. De Placa</b>	<b>Crecimiento radial (mm)</b>	<b>Crecimiento/día (mm/día)</b>
1	70	7
2	40	4
3	65	6,5
4	60	6
5	30	3
6	80	8
<b>Promedio</b>	<b>57,5</b>	<b>5,75</b>
Varianza (S <sup>2</sup> )	357,5	3,575
<b>Desviación estándar (S)</b>	<b>18,908</b>	<b>1,891</b>

Nota: Velocidad de crecimiento promedio del micelio sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa HIMEDIA a 25°C por 10 días (26/4/2018).

#### **4.1.2.- Proliferación de Pleurotus afín ostreatus sobre cebada y/o trigo**

La evaluación de la proliferación del micelio sobre los granos de cebada y/o trigo se realizó en tres oportunidades bajo las mismas condiciones de incubación a 25°C; en el primer ensayo fue sólo sobre trigo, donde se observó un rápido crecimiento en 10 días, logrando la invasión total de los granos en el día 15; pero en el día 21 la semilla empezó a deteriorarse con mucha rapidez, en la figura 3 se puede observar la comparación del cultivo de 10 días y del día 21.

### Figura 3

Micelio de *Pleurotus* afín *ostreatus* sobre granos de trigo



a

b

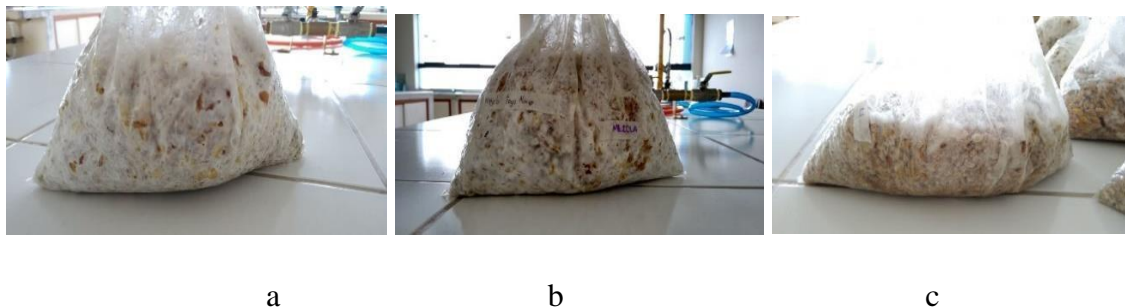
Nota: Invasión del micelio de *Pleurotus* afín *ostreatus* sobre granos de trigo; a) de 10 días de cultivo, b) de 21 días de cultivo (07/05/2018).

En el segundo ensayo, se llevó a cabo en bolsas y botellas sobre granos de cebada, granos de trigo y, mezcla de cebada y trigo en la proporción de 3:1; cada uno por triplicado y, el resultado fue una invasión completa de los granos en el día 15 indistintamente el tipo de granos; después se les colocó a las condiciones ambientales del laboratorio y, hasta el día 30 se mantuvo sin deteriorarse. Ver figura 4 la semilla en bolsas y en la figura 5 en botellas.

En el tercer ensayo, se realizó la proliferación del micelio del hongo sobre los granos de trigo pelado mezclado con trigo sin pelar en la proporción de 1 a 1 (5 réplicas); el resultado fue una invasión total de los granos en el día 15 a 25 °C de incubación (ver figura 6). Además, en este ensayo se midió en el día 8 de cultivo el grado de invasión del micelio sobre los granos y, en la tabla 24 se encuentran los datos registrados con los cuales se determinó una velocidad de crecimiento promedio de 22,5 mm/día con una desviación estándar de 3,953.

## Figura 4

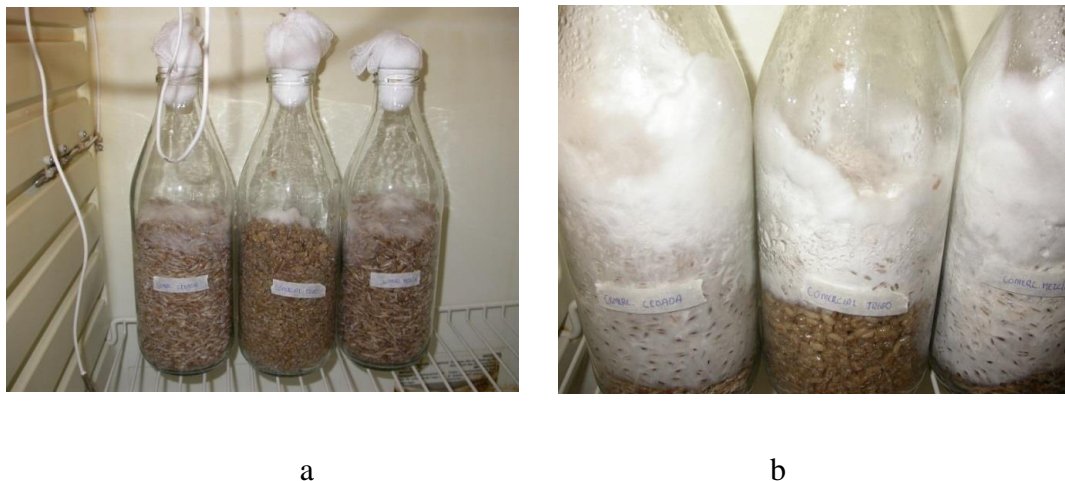
*Cultivo de Pleurotus afín ostreatus sobre trigo y/o cebada en bolsas*



Nota. Cultivo de 15 días a 25 °C sobre granos de: a) Cebada, b) Mezcla cebada y trigo (3:1) y, c) Trigo. Se observa en los tres casos una invasión total de los granos por el micelio del hongo

## Figura 5

*Cultivo de Pleurotus afín ostreatus sobre trigo y/o cebada en botellas*



Nota: Evolución del crecimiento de *Pleurotus afín ostreatus* sobre granos de cebada, trigo y, mezcla cebada más trigo de 3a1 (de izquierda a derecha); (a) de 7 días de cultivo, (b) 15 días de cultivo, a 25°C (20/11/2018).

**Figura 6**

Cultivo de *Pleurotus afín ostreatus* sobre trigo pelado y sin pelar en bolsas



a

b

Nota: Proliferación a 25 °C del micelio de *Pleurotus afín ostreatus* sobre granos de trigopelado mezclado con trigo sin pelar (1:1). (a) Cultivo de 8 días y, (b) cultivo de 15 días (20/12/2018).

**Tabla 24**

Velocidad de invasión de *Pleurotus afín ostreatus* sobre granos de trigo pelado y sin pelar

Cultivo	Invasión (mm)	Invasión/día (mm/día)
1	140	17,5
2	150	18,75
3	180	22,5
4	210	26,5
5	220	27,5
<b>Promedio</b>	<b>180</b>	<b>22,5</b>
Varianza (S <sup>2</sup> )	1250	15,625
<b>Desviación estándar (S)</b>	<b>35,355</b>	<b>3,953</b>

Nota: Velocidad promedio del micelio sobre trigo pelado mezclado con trigo sin pelar (1:1) de 8 días de cultivo (20/12/2018)

#### 4.1.3.- Elaboración del sustrato y producción de Pleurotus afín ostreatus

##### 4.1.3.1 Caracterización de los sustratos para el cultivo de *Pleurotus afín ostreatus*

En la tabla 25 se encuentra los resultados del contenido de carbono, nitrógeno y, sólidos totales de las muestras de césped y aserrín y; en el anexo 9.1 y 9.2 el informe del análisis del laboratorio.

**Tabla 25**

*Contenido de C, N, sólidos totales y, relación C/N del césped y del aserrín*

<b>Muestra</b>	<b>C (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>X (%)</b>	<b>C/N</b>
Césped	46,86	2,3	85,4	20,37
Aserrín	56,47	0,60	76,66	94,12

Nota: C= Carbono, N= Nitrógeno, X= Sólidos totales

La cantidad de césped y aserrín del sustrato 2 (S<sub>2</sub>), de tal manera que el balance de C/N sea igual a 30, fue de 60,91% y 39,09% respectivamente y; el balance de C/N del sustrato 3 (S<sub>3</sub>) fue de 40,13 considerando 39,09 de aserrín mezclado con 60,91% de césped; valores calculados según el siguiente detalle:

$$\frac{CQ}{NQ} = 30 = \frac{A * Xa * Ca + C * Xc * Cc}{A * Xa * Na + C * Xc * Nc}$$

Donde:

- CQ=Contenido de Carbono de la mezcla
- NQ= Contenido de Nitrógeno de la mezcla
- A= Cantidad de aserrín (%)
- Xa =Sólidos totales del Aserrín
- Ca= % de Carbono del aserrín
- C= Cantidad del césped (%)
- Xc =Sólidos totales del césped
- Cc= % de Carbono del césped
- Na=% de Nitrógeno del aserrín
- Nc= % de Nitrógeno del césped

Y, además, considerando que; A+C=100, se determinó:

$$A=39,09 \text{ y } C=60,91$$

Es decir, mezclando un 60,91% (61%) de césped con 39,09(39%) de aserrín se obtiene una relación C/N igual a 30. Para la formulación del sustrato 3 se consideró un 61% de aserrín y 39% de césped y, con la fórmula anterior se determinó su relación C/N:

$$\frac{CQ}{NQ} = \frac{61 * 76,6 * 56,47 + 39 * 85,4 * 46,86}{61 * 76,6 * 0,60 + 39 * 85,4 * 2,30} = 40,13$$

Es decir, mezclando 61% de aserrín con 39% de césped, el balance C/N del sustrato es iguala 40,13. En la tabla 26 se detalla la fórmula y su correspondiente balance de C/N de los cuatro sustratos que se utilizaron para el cultivo de las setas comestibles.

**Tabla 26**

*Relación C/N de los sustratos para el cultivo de Pleurotus afín ostreatus.*

Sustratos	Césped (%)	Aserrín (%)	C/N
S1	100	-	20,37
S2	61	39	30,00
S3	39	61	40,13
S4	-	100	94,12

Nota: C/N es el balance de carbono y nitrógeno del sustrato

Los sustratos ya elaborados, presentaron 72,10% de humedad, 27,9% de sólidos totales y, un pH igual a 7,4, sobre los cuales se realizó la siembra o inóculo de la semilla del hongo.

#### **4.1.3.2.- Evaluación de la producción de la seta *Pleurotus afín ostreatus***

El cultivo se realizó durante 2 meses a una temperatura y humedad promedio del ambiente de 22,20 °C y 61,59% respectivamente (ver anexo 9.4).

La invasión del micelio del hongo sobre los sustratos fue diferente; sobre el sustrato 1 (S<sub>1</sub>) se logró la invasión del micelio a partir del día 17, sobre el sustrato 2 (S<sub>2</sub>) a partir del día 14, sobre el sustrato 3 (S<sub>3</sub>) a partir del día 16 y, sobre el sustrato 4 (S<sub>4</sub>) recién en el día 35; es decir la invasión fue más rápida en los tres primeros sustratos y una marcada diferencia por la lentitud de la invasión en el sustrato 4.

La aparición de los primordios se comportó en el mismo orden de la invasión del micelio, es decir, en el sustrato 2 fue a partir del día 18, en el sustrato 1 y sustrato 3 en el día 21 y, en el sustrato 4 a partir del día 40. En relación al tiempo de las cosechas del hongo; del sustrato 1 se llevó a cabo desde el día 35 al 60, del sustrato 2 entre el día 21 a 48, del sustrato 3 entre el día 33

a 60, y, del sustrato 4 desde el día 50 al 60. En la tabla 27 se observa la comparación del tiempo de invasión, aparición de primordios y, tiempo de cosecha del *Pleurotus afín ostreatus* sobre los diferentes sustratos.

**Tabla 27**

*Tiempo en días de la invasión del micelio, aparición de primordios y de cosecha según tipo de sustrato de la seta Pleurotus afín ostreatus.*

<b>Sustrato</b>	<b>Invasión (días)</b>	<b>Aparición de primordios (días)</b>	<b>Tiempo de cosecha (días)</b>
S1	17	21	35 a 60
S2	14	18	21 a 48
S3	16	21	33 a 60
S4	35	40	50 a 60

Nota: Se observa que, en el sustrato 2 se inició la cosecha en menor tiempo

En relación a la producción de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus*, se realizaron las cosechas de acuerdo al sustrato donde fueron cultivados y se registraron según el día de cultivo; en la tabla 28 se encuentra registrado la cosecha proveniente del sustrato 1, en la tabla 29 las setas del sustrato 2, en la tabla 30 del sustrato 3 y, del sustrato 4 en la tabla 31; además del peso se ha registrado los diámetros promedios de las setas y se determinó la producción promedio por tipo de sustratos; siendo ésta de 91,6g del sustrato 1, 121,2g del sustrato 2, 105,6g del sustrato 3 y, 23,20g del sustrato 4; notándose la mejor producción de las setas con el sustrato de relación C/N igual a 30.



**Tabla 28**

*Producción de cuerpos fructíferos de Pleurotus afín ostreatus del sustrato 1 de C/N igual a 20,37 (sólo césped).*

<b>Réplica</b>	<b>Cosecha día 35 (g)</b>	<b>Cosecha día 45 (g)</b>	<b>Cosecha día 60 (g)</b>	<b>Producción Total (g)</b>	<b>Tamaño de la seta (cm)</b>
1	42	80	10	132	6,1
2	12	113	5	130	4,4
3	24	27	43	94	3,1
4	20	30	10	60	5,0
5	12	5	25	42	4,5
<b>Promedio</b>	<b>22</b>	<b>51</b>	<b>18,6</b>	<b>91,6</b>	<b>4,62</b>

Nota: La producción promedio de cuerpos fructíferos fue de 91,6g, de tamaño de 4,62 cm.

**Tabla 29**

*Producción de cuerpos fructíferos de Pleurotus afín ostreatus del sustrato 2 de C/N igual a 30 (61% de césped mezclado con 39% de aserrín)*

<b>Réplica</b>	<b>Cosecha día 21 (g)</b>	<b>Cosecha día 33 (g)</b>	<b>Cosecha día 48 (g)</b>	<b>Producción Total (g)</b>	<b>Tamaño de la seta (cm)</b>
1	45	85	30	160	6,97
2	43	-	53	96	6,71
3	67	105	-	172	8,21
4	38	45	15	98	7,3
5	43	-	37	80	7,21
<b>Promedio</b>	<b>47,2</b>	<b>47</b>	<b>27</b>	<b>121,2</b>	<b>7,28</b>

Nota: La producción promedio fue de 121,2 g, de 7,28 cm de tamaño de la seta.

**Tabla 30**

*Producción de cuerpos fructíferos de Pleurotus afín ostreatus del sustrato 3 de C/N igual a 40,13 (39% de césped mezclado con 61% de aserrín)*

<b>Réplica</b>	<b>Cosecha día 33 (g)</b>	<b>Cosecha día 54 (g)</b>	<b>Cosecha día 60 (g)</b>	<b>Producción Total (g)</b>	<b>Tamaño de la seta (cm)</b>
1	95	16	12	123	11
2	75	18	14	107	10
3	55	13	13	81	10
4	85	15	-	100	8
5	75	25	17	117	7,3
<b>Promedio</b>	<b>77</b>	<b>17,4</b>	<b>11,20</b>	<b>105,6</b>	<b>9,26</b>

Nota: La producción promedio fue de 105,6 g, de 9,26 cm de tamaño de la seta

**Tabla 31**

*Producción de cuerpos fructíferos de Pleurotus afín ostreatus del sustrato 4 de C/N igual a 94,12 (sólo aserrín)*

<i>Réplica</i>	<i>Cosecha día 30 (g)</i>	<i>Cosecha día 45 (g)</i>	<i>Cosecha día 60 (g)</i>	<i>Producción Total (g)</i>	<i>Tamaño de la seta (cm)</i>
1	-	-	20	20	5.7
2	-	-	27	27	6.5
3	-	-	27	27	7.3
4	-	-	18	18	4.6
5	-	-	24	24	6.9
<b>Promedio</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>23,20</b>	<b>23,20</b>	<b>6,20</b>

Nota: La producción promedio fue de 23,20 g, de 6,20 cm de tamaño de la seta

En la tabla 32 se resume la producción de cuerpos fructíferos y se registra la capacidad productiva con la eficiencia biológica según el tipo de sustrato y, en la tabla 33 se ordenó en forma ascendente el balance de C/N del sustrato y su respectiva eficiencia biológica.

**Tabla 32**

*Producción promedio (g), Eficiencia Biológica (%) y, tamaño promedio (cm) de Pleurotus afín ostreatus cosechados de los diferentes sustratos*

Réplica	Producción (g)			
	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3	Sustrato 4
1	132	160	123	20
2	130	96	107	27
3	94	172	81	27
4	60	98	100	18
5	42	80	117	24
<b>Promedio (g)</b>	<b>91,600</b>	<b>121,200</b>	<b>105,600</b>	<b>23,200</b>
<b>Eficiencia Biológica (%)</b>	<b>32,832</b>	<b>43,441</b>	<b>37,849</b>	<b>8,315</b>
<b>Tamaño promedio (cm)</b>	<b>4,62</b>	<b>7,28</b>	<b>9,26</b>	<b>6,2</b>

Nota: Obsérvese que la mejor eficiencia biológica de 43,44% fue con el sustrato 2

**Tabla 33**

*Eficiencia biológica y su relación con el balance de C/N del sustrato del cultivo de Pleurotus afín ostreatus*

Sustrato	C/N	Eficiencia Biológica (%)
S1	20,37	32,832
<b>S2</b>	<b>30,00</b>	<b>43,441</b>
S3	40,13	37,849
S4	94,12	8,315

Nota: Se resalta la mejor eficiencia biológica con el sustrato de C/N igual a 30

#### 4.1.4.- Composición proximal de nutrientes del Pleurotus afín ostreatus

El resultado del análisis químico proximal de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* provenientes del cultivo sobre el sustrato 2, por ser la que presentó la mejor eficiencia biológica, se muestra en la tabla 34 y en la figura 7, además, en el anexo 9.5 se encuentra el informe del resultado del análisis. De la composición nutritiva se resalta el contenido de proteínas de  $8,09 \pm 0,01\%$  en base del peso húmedo, cuyo equivalente en base al peso seco es de **32,940%**, el cual es considerable como un alimento rico en proteínas y bajo contenido de carbohidratos y grasa.

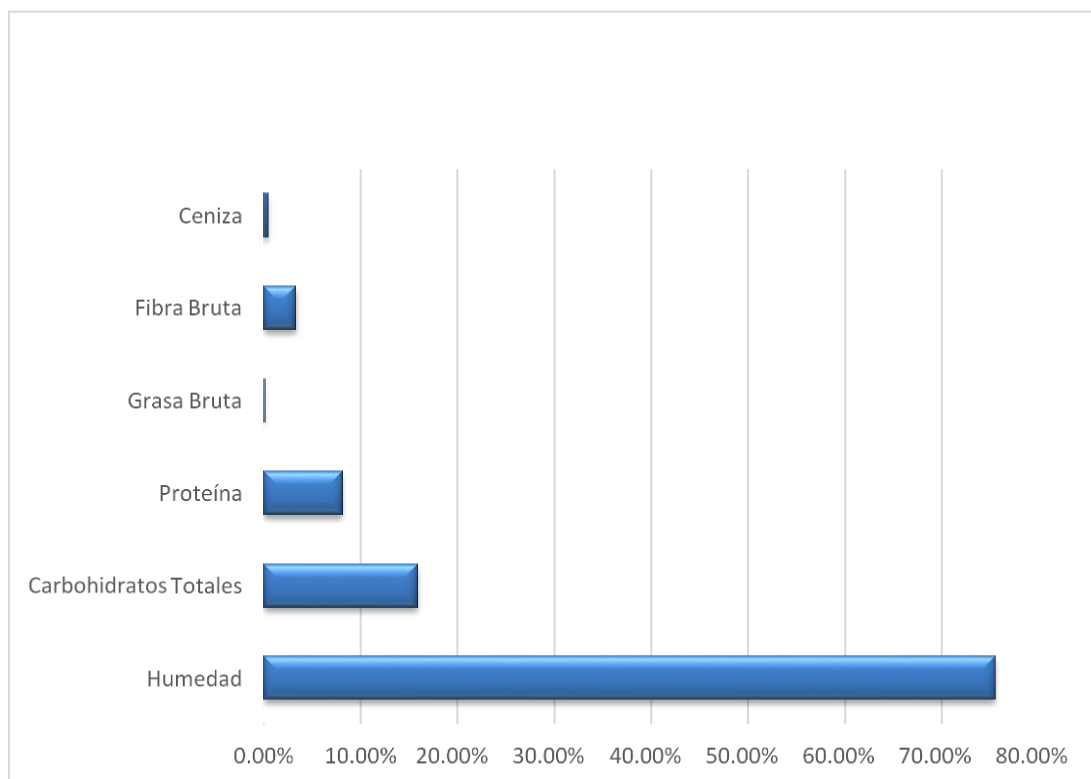
**Tabla 34**

*Composición químico proximal de Pleurotus afín ostreatus cultivado sobre el sustrato 2 de balance C/N igual a 30 (61% de césped mezclado con 39% de aserrín).*

<b>Análisis</b>	<b>Porcentaje</b>
Humedad	$75,44 \pm 0,25$
Proteína	$8,09 \pm 0,01$
Grasa Bruta	$0,13 \pm 0,00$
Fibra Bruta	$3,34 \pm 0,20$
Ceniza	$0,48 \pm 0,00$
Carbohidratos Totales	15,86

Nota: Se aprecia el valor proteico y el bajo contenido en grasas y carbohidratos

**Figura 7**  
**Análisis Químico proximal de *Pleurotus afín ostreatus***



Nota: Se resalta el contenido de proteínas de 32,94% en base al peso seco

## 4.2 Análisis e Interpretación

### 4.2.1.- Del Análisis de datos con la Prueba de hipótesis

En la tabla 35 se muestra los cálculos realizados, con los datos de la producción del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus* de acuerdo a los cuatro sustratos donde fueron cultivados con cinco réplicas en cada uno, para determinar el valor de F, el cual resultó ser igual a 10,177 ( $F=10,177$ ) y, el valor del F tabular fue 3,10 ( $F_{(3,19)}=3,10$ ) para alfa igual a 0,05 ( $\alpha=0,05$ ); considerando que  $F > F_{(3, 19)}$  ( $10,177 > 3.10$ ) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa para un  $\alpha=0,05$ , es decir, se valida estadísticamente con 95% de confiabilidad que, la producción de cuerpos fructíferos del hongo *Pleurotus afín ostreatus* depende del tipo sustrato

donde fue cultivado y, considerando que los sustratos fueron de acuerdo a su balance de C/N, también se prueba que la producción del hongo es influenciada por el balance de C/N del sustrato.

**Tabla 35**

*Análisis de varianza de un solo factor ( $\alpha=0,05$ ) para la producción Pleurotus afín ostreatus.*

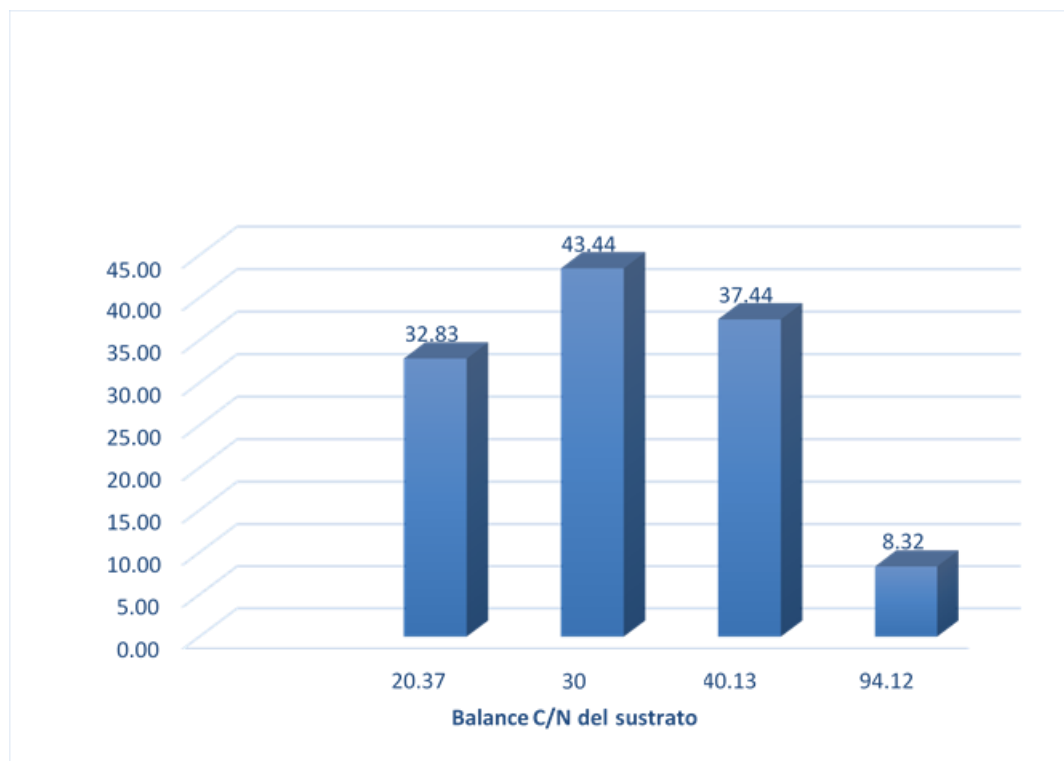
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F</b>
Tratamiento	3	27984,8	9328,267	<b>10,177</b>
Error	16	14666	916,625	
Total	19	42650,8		

Nota: Se nota un valor elevado de F

En la figura 8 se muestra la relación del balance de C/N del sustrato y la eficiencia biológica lograda del cultivo de *Pleurotus afín ostreatus*, en el cual se puede observar que; 43,44% de eficiencia biológica se logró con el sustrato de balance C/N igual a 30, 37,44% de eficiencia biológica con el sustrato de balance C/N igual a 40,13, 32,83 % de eficiencia biológica con el sustrato de balance C/N igual a 20,37 y, 8,32% de eficiencia biológica con el sustrato de balance C/N igual a 94,12, es decir, el balance C/N igual a 30 del sustrato es la óptima y, superiores o inferiores a dicho valor disminuye la productividad del hongo. En la tabla 36 se observa el grado de diferencia que existe entre la eficiencia biológica de un sustrato con respecto al promedio de las eficiencias biológicas de los sustratos estudiados y, la diferencia marcada de 12,93 le corresponde al sustrato de un balance de C/N igual a 30, con lo cual se demuestra que es el mejor sustrato para la producción de la seta.

**Figura 8**

*Eficiencia biológica según balance C/N del sustrato*



Nota: Se observa la mejor eficiencia biológica lograda con el sustrato de balance C/N de 30

**Tabla 36**

*Grado de diferencia de la Eficiencia biológica del cultivo Pleurotus afín ostreatus según sustrato*

Tratamiento	C/N	Producción (g)	EB (%)	Grado de diferencia
1	20,37	91,6	32,83	2,32
2	30,00	121,20	43,44	<b>12,93</b>
3	40,13	105,60	37,44	6,93
4	94,12	23,20	8,32	-22,19
Promedio	30,00	85,40	30,51	

Nota: El grado de diferencia se determina de la diferencia entre la eficiencia biológica según sustrato y la eficiencia biológica promedio, resaltando 12,93 con el sustrato 2

## V.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se ha demostrado que, el sustrato adecuado de césped mezclado con aserrín en la proporción de 61% y 39% con el balance de C/N igual a 30, permitió un mejor crecimiento, fructificación y, alto contenido de proteínas del hongo comestible *Pleurotus affín ostreatus*; lográndose la mejor eficiencia biológica de 43,44% frente a las eficiencias biológicas obtenidas con los otros tres sustratos (32,85% con S<sub>1</sub>, 37,85% con S<sub>3</sub> y, 8,32% con S<sub>4</sub>) y; con un buen contenido de proteínas de 32,94%. La capacidad productiva lograda con el sustrato de C/N igual a 30, en las condiciones rústicas de un invernadero, justifica una actividad económicamente rentable, ya que según Aguinaga (2012) al conseguir una eficiencia biológica de 40,5% del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, y calcular la tasa interna de retorno de 21,0% y un índice neto de rentabilidad (costo/beneficio) de 1,28 determinó su rentabilidad económica; además Rios et al. (2010) y, Bermudéz et al. (2007), coinciden en señalar que la producción de setas comestibles es rentable con una eficiencia biológica del 40%.

En relación a la velocidad de crecimiento del micelio sobre un medio de cultivo comercial, la cepa estudiada *Pleurotus affín ostreatus* invadió el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa con una velocidad promedio de 5,75 mm/día después de ser incubado a 25 °C durante 10 días; una velocidad de crecimiento del micelio mayor que 4,5 mm/día reportado por Suárez y Holguin (2011) pero, menores que 11,2 mm/día reportado por Rios et al. (2010) y, 7,55 mm/día reportado por Bermudéz et al. (2007); sin embargo, hay que considerar que la velocidad de crecimiento de 4,5 mm/día fue a 22°C, mientras que las velocidades de crecimiento de 11,2 mm/día y 7,55mm/día, si bien es cierto que fue a 25°C, pero, utilizaron como inóculo trozos de 5



mm<sup>2</sup> y 8 mm<sup>2</sup> de agar respectivamente, frente al inóculo por puntura en este trabajo. En el trabajo realizado por Suárez y Holguin (2011), hicieron una comparación con otros medios de cultivos selectivos para hongos y, determinaron que el agar papa dextrosa es mejor que el agar glucosa extracto de levadura oxitetraciclina (OGY) y el agar Sabouraud para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*; pero en el trabajo de Bermudéz et al. (2007), determinaron que el agar papa dextrosa es el tercer mejor medio de cultivo después del agar extracto de malta y el agar extracto pulpa de café.

El tiempo de invasión total del micelio de *Pleurotus afín ostreatus* sobre los granos de trigo solo, cebada solo, mezcla de cebada con trigo en la proporción de 3 a 1 y, mezcla de trigo pelado con trigo sin pelar en la proporción de 1 a 1, fueron en 15 días, el cual es considerada rápida por Suárez y Holguin (2011) y, Narh et al. (2011), ya que al comparar el tiempo de invasión del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes granos de cereales, señalaron que el mejor cereal es aquella que es invadida en dos semanas; en ambos trabajos indicaron que el tiempo de invasión del micelio depende del tipo de grano del cereal, mientras que Rios et al. (2010), al conseguir la invasión de los granos de cebada en 20 días, señalaron que el tiempo de invasión es igual sobre los granos de trigo, sorgo, mijo, centeno y arroz; concordante con los resultados de éste trabajo, ya que el tiempo de invasión del micelio fue igual sobre los diferentes granos utilizados y, si consideramos el tiempo de vida de la semilla y el costo del cereal, sería conveniente utilizar la cebada para la elaboración de la semilla del hongo *Pleurotus afín ostreatus*.

La producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus*, según los tratamientos o sustratos utilizados dio como resultado que; el balance de C/N igual a 30 permitió la mayor eficiencia biológica de 43,44%, el balance C/N igual a 20,37 permitió una eficiencia biológica

de 32,85%, el sustrato de C/N igual a 40,13 permitió una eficiencia biológica de 37,85% y, el sustrato de mayor C/N igual a 94,12 permitió la eficiencia biológica más baja de 8,32%, es decir, el sustrato de balance C/N igual a 30 fue la óptima para una buena producción de las setas y, conforme se eleva el valor de esta relación, la eficiencia biológica disminuye. Este resultado concuerda con los estudios de revisión de literaturas científicas realizada por Belletini et al. (2016), quienes señalaron que una relación C/N de 28 a 30 es una condición importante para una buena y rápida fructificación del hongo comestible *Pleurotus spp*; asimismo, Ruilova et al. (2017), tras cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre seis diferentes sustratos de balance C/N igual a 33,21, 38,72, 47,99, 57,81, 72,40 y, 104,63, determinaron que la mayor eficiencia biológica de  $177,37 \pm 2,45\%$  fue con el sustrato de C/N igual a 47,99, pero considerando el análisis estadístico de sus resultados, señalaron también que las eficiencias biológicas de los sustratos de relación C/N que va de 33,21 a 57,81 no tienen diferencias significativas para ( $P < 0,05$ ), es decir, los sustratos con C/N cercanos a 30 permitieron una buena productividad del hongo, pero C/N superiores a 57,81 tuvieron el efecto de disminuir la capacidad productiva del sustrato. De los trabajos de investigación revisados sobre la producción del hongo, el de Ruilova et al. (2017) es la única que relaciona directamente la influencia de la relación C/N del sustrato sobre la producción de la seta comestible, los siguientes trabajos, si bien es cierto no relacionaron dichas variables, pero sí reportaron la eficiencia biológica y la relación C/N como una característica del sustrato, con las cuales se puede observar dicha relación; así tenemos a: Jin et al. (2018) al cultivar *Pleurotus ostreatus*, consiguieron la mayor eficiencia biológica de  $97,80 \pm 7,19\%$  con el sustrato de C/N igual a 36,85 en relación a los otros tres sustratos que contenían C/N superiores ( $42,68 \pm 1,13$ ,  $48,43 \pm 0,72$  y,  $53,42 \pm 1,70$ ) e, incluso se observa que conforme se eleva el valor del balance C/N del sustrato, la eficiencia biológica va disminuyendo; un comportamiento similar también se

observó en los resultados del trabajo de Hoa et al. (2015); al cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre siete diferentes sustratos de C/N iguales a 34,57, 42,55, 45,83, 46,67, 48,68, 49,05 y 51,7, lograron la mayor eficiencia biológica de 66,08% con el sustrato de C/N igual a 34,57, es decir, ambos trabajos citados anteriormente coinciden que el sustrato que permitió la mejor eficiencia biológica fue la que contenía una relación C/N más cercano a 30 y conforme se eleva éste valor la eficiencia biológica disminuye. Resultados de otros investigadores refuerzan que los sustratos de relación de C/N elevados afecta negativamente la eficiencia biológica, así tenemos a Sánchez (2013), al cultivar *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos de C/N entre 69,21 y 81,60 consiguieron eficiencias biológicas de 2,953% a 11,9%, es decir, entérminos generales una baja productividad; así mismo Varnero et al. (2010), al estudiar sustratos de elevada relación C/N (paja de trigo con 147, paja más eucalipto con 545, eucalipto con 1009 y álamo con 1277) consiguieron la mayor eficiencia biológica de 32,94% con el sustrato de menor relación C/N y luego con una tendencia a disminuir la eficiencia biológica conforme se incrementa dicho factor. Los sustratos de relación C/N menores a 30 también influyen negativamente en la producción de *Pleurotus ostreatus*, así tenemos que en el trabajo de Forero et al. (2008) consiguieron la eficiencia biológica de 45,45 % con el sustrato de relación C/N igual a 40,6, eficiencia biológica más elevada con respecto a las eficiencias biológicas logradas con los sustratos de C/N iguales a 23,2, 19,33 y 18,5. Los trabajos de investigación mencionados anteriormente estudiaron diversos compuestos orgánicos diferentes a los materiales empleados en el presente trabajo, sin embargo, Shah et al. (2004), sin considerar el factor C/N del sustrato cultivaron *Pleurotus ostreatus* y, reportaron una eficiencia biológica de 64,69 % con el sustrato 100% de aserrín, 62,09% con el sustrato constituido por aserrín mezclado con residuos de poda en la proporción de 3 a 1 y, 43,59% de eficiencia biológica con el sustrato de 100% de residuos de poda, donde se pueden observar que lograron la

mayor eficiencia biológica con el aserrín, lo cual es un resultado contradictorio porque en el presente trabajo se obtuvo la eficiencia biológica más baja con el aserrín y, además en términos generales, las eficiencias biológicas obtenidas son superiores a lo logrado en el presente trabajo, y la explicación sería porque el cultivo de las setas lo realizaron en condiciones controladas mientras que para el presente trabajo se realizó en condiciones rústicas de un invernadero. Hay una gran diversidad de resultados sobre eficiencias biológicas logrados del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes sustratos sin considerar el factor C/N, a continuación se señalan las eficiencias biológicas más elevadas logradas por algunos investigadores; según Onyeka y Okechie (2018) la eficiencia biológica de 46,31% con el sustrato de aserrín mezclado con cáscara de yuca (75%:25%), según Yamauchi et al. (2018) una producción de  $97,9 \pm 3,9$  g/botella con el sustrato de aserrín de bambú (previamente fermentado durante 2 meses) mezclado con salvado de arroz, según Iossi et al. (2018) una eficiencia biológica de 74,75% con el sustrato maleza forrajera de África (*Brachiaria sp.*), según Pardo et al. (2018), un rendimiento de 31,8% con paja de trigo suplementado con 1,5% de residuos de la extracción de aceite de almendra, según Girmay et al. (2016) una eficiencia biológica de 74,17% sobre semilla de algodón y la menor eficiencia biológica de 9,73% sobre aserrín, según Rivera et al. (2013) una producción de 99 g con el sustrato de bagazo de caña panelera suplementada con salvado de maíz, según Sharma et al. (2013) una eficiencia biológica de  $95,46 \pm 2,09$  sobre paja de arroz, según Aguinaga (2012) una eficiencia biológica de 40,5 % sobre el sustrato bagazo de caña de azúcar, según Romero et al. (2010) una eficiencia biológica de  $129,34 \pm 9,1$  % al cultivar sobre paja de trigo,  $123,30 \pm 0,7$ % sobre hojas de plátano y  $82,91 \pm 0,41$ % sobre pajilla de frijol, Buah et al. (2010) la eficiencia biológica de  $91,21 \pm 6,01$ % sobre mazorca de maíz, según Garzón y Cuervo (2008) una eficiencia biológica de  $48,41 \pm 3,4$ % al utilizar un sustrato constituido por bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz,

residuos de aserrín de establo y, residuos de café del consumo humano y, además señalaron que todos los sustratos que contenían café mostraron una buena productividad para las setas, según Cayetano y Bernabé (2008) una eficiencia biológica de  $99,8 \pm 6,42\%$  sobre residuos de plátano fresco (fermentado durante 14 días). En el Perú también hay investigadores que reportaron la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando diferentes sustratos orgánicos sin considerar el balance de la relación C/N, tales como: Albán (2018) que logró la mejor eficiencia biológica de 44,97 sobre viruta de la madera bolaina mezclado con afrecho, Ríos et al. (2017) lograron la mejor eficiencia biológica de 18,20% sobre pulpa de café frente a la cascarilla de arroz, aserrín y arroz pilado y, Muñoz (2017) logró una eficiencia biológica de 81,1% sobre panca de maíz y 75,3% sobre paja de arroz, pero a diferencia de los dos trabajos anteriores, explicó la influencia de la relación C/N sobre la productividad, ya que señaló que la diferencia en la productividad es porque la panca de maíz tenía 65 de relación C/N el cual era menor a la relación C/N de 70 de la paja de arroz.

Los cuerpos fructíferos de *Pleurotus afín ostreatus* cosechadas del sustrato de mayor capacidad productiva, es decir, del sustrato de balance C/N igual a 30, presentaron una buena composición nutritiva: 75,44% de humedad, 15,86% de carbohidratos totales, 3,34 % de fibra bruta, 0,13% de grasa bruta y, 8,09% de proteínas en base al peso húmedo o 32,94% en base al peso seco. El contenido de proteínas de los cuerpos fructífero de *Pleurotus afín ostreatus* es superior a lo reportado por Ruilova et al. (2017), ya que ellos hallaron 31,26% de proteínas en *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre el sustrato de C/N igual a 38,72 y, 31,13% con el sustrato de C/N igual a 47,99 e, incluso señalaron que un contenido elevado de C/N del sustrato determina una tendencia en la disminución de proteínas en las setas, éste último basado en el resultado de 17,2 % y 16,51% de proteínas de las setas procedentes del cultivo sobre los sustratos de C/N

igual a 72,40 y 104,63 respectivamente; la influencia de que una relación C/N elevada del sustrato conlleva a una disminución en el contenido de proteínas también puede notarse en el trabajo de Hoa et al. (2015), ya que al cultivar sobre un sustrato de mazorca de maíz de relación C/N igual a 34,57 obtuvieron 29,70% de proteínas en las setas y, de los otros sustratos de relación C/N superiores a 34,57 obtuvieron un contenido de proteínas que va de 19,52% a 25,65%. Hay una diversidad de valores reportados sobre el contenido de proteínas de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre diferentes sustratos, pero sin considerar la influencia del factor C/N, los cuales también son menores al contenido de proteínas de *Pleurotus afín ostreatus*, así tenemos por ejemplo: Jin et al. (2018) determinaron entre 18,35% a 25,68% de proteínas de setas cultivadas sobre mazorca de maíz con residuos de plantas medicinales, Pardo et al. (2018) determinaron 14,35% a 17,62% de proteínas de setas cultivadas sobre un sustrato base suplementado con desperdicios de la extracción de aceite de almendra (harina desengrasada), Onyeka y Okehie (2018) reportaron de 14,33% a 28,20% de proteínas de setas cultivadas sobre diferentes sustratos a base de aserrín, salvado de arroz, desperdicios de maíz, hoja de plátano y cáscara de maíz y, además señalaron que las cualidades nutritivas son similares a otros hongos exóticos y con un mayor contenido de proteínas que algunos cereales y verduras, en el Perú Ríos et al. (2017) determinaron  $19,00 \pm 1,28\%$  de proteínas de setas cultivados sobre pulpa de café, Fernandes et al. (2015) hallaron de 9,29 % a 14,7% de proteínas, Sharma et al. (2013) de 22,89 % a 25,97% de proteínas, Varnero et al. (2010) de 22,9 a 25%, Forero et al. (2008) de 15,6 % a 28,6% y, Bernardita y López (2004) reportaron el contenido de proteínas en base húmedo de 2,42% de proteínas del cultivo sobre paja de trigo y 1,73% del cultivo sobre álamo, haciendo hincapié que es superior a otros alimentos como la zanahoria con 0,6%, tomate con 0,7%, lechuga 0,8%, cebolla 1,2 %, la espinaca con 2,8% y, espárragos con 2,9%. El único reporte de

contenido proteico superiora *Pleurotus afín ostreatus* fue de Yamauchi et al. (2018), de 35,1 % a 43,8 % de las setas cultivadas sobre sustratos compuestas de aserrín de conífera o de bambú mezclado con paja de arroz o residuo del destilado del camote fermentado, en dicho trabajo compararon con el valor de 31,1% de proteínas de una tabla estándar de la composición en Japón y, sí consideramos este valor estándar como base, el resultado de este trabajo es superior.

## VI.- CONCLUSIONES

- La mejor producción de la fructificación del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus* expresada en eficiencia biológica y con alto contenido de proteínas, se logró con el sustrato según su relación C/N igual a 30, formulado con 61% de césped residual mezclado con 39% de aserrín. La diferencia en la producción y eficiencia biológica con respecto a los otros sustratos evaluados es validada con el análisis de varianza (ANOVA) para  $\alpha=0,05$ .
- La velocidad promedio de crecimiento del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus* sobre el agar papa dextrosa a 25°C fue de 5,75 mm/día.
- El tiempo de invasión total del micelio de *Pleurotus afín ostreatus* fue 15 días sobre los diferentes granos evaluados: trigo pelado, cebada, mezcla de cebada y trigo pelado en la proporción de 3 a 1 y, mezcla de trigo pelado con trigo sin pelar en la proporción de 1 a 1.
- La producción de cuerpos fructíferos expresada por la eficiencia biológica de la seta comestible *Pleurotus afín ostreatus* fue influenciada por los diferentes sustratos según su balance C/N, determinándose una eficiencia biológica de 43,441% sobre el sustrato de C/N igual a 30, 37,441% de eficiencia biológica sobre el sustrato de C/N igual a 40,13, 32,832% de eficiencia biológica sobre el sustrato de C/N igual a 20,37 y, la eficiencia biológica más baja de 8,315% sobre el sustrato de C/N más elevado e igual a 94,12; tras ser cultivados durante 2 meses en condiciones ambientales de un invernadero, a una temperatura promedio de 22,20 °C y una humedad atmosférica promedio de 61,59%.
- Los cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus*, cultivados



sobre el sustrato formulado para una relación C/N igual a 30 con 61% de residuos de césped de jardines mezclado con 39% de aserrín, presentaron cualidades nutritivas aceptables por el bajo contenido en carbohidratos y grasas, elevado contenido en fibras y, principalmente por el contenido en proteínas de 32,94%, el cual es superior al contenido de proteínas de cepas de *Pleurotus ostreatus* reportados por otros investigadores.

## VII.- RECOMENDACIONES

- Mejorar la producción de la seta comestible *Pleurotus afín ostreatus* adicionando un suplemento al sustrato formulado con césped residual de jardines más aserrín de relación C/N igual a 30.
- Investigar la velocidad de crecimiento del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus* sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa a diferentes temperaturas de incubación y, determinar la temperatura óptima de crecimiento.
- Estudiar la invasión del micelio del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus* sobre otros granos de cereales de bajo costo.
- Investigar la producción de la fructificación del hongo comestible *Pleurotus afín ostreatus* con metodologías diferentes al cultivo en bolsas y bajo condiciones controladas de temperatura y humedad atmosférica.
- Investigar los componentes químicos con propiedades antioxidantes de la cepa *Pleurotus afín ostreatus*, obtenidas del cultivo sobre el sustrato formulado con césped residual de jardines más aserrín de relación C/N igual a 30 y, demostrar los beneficios en la salud humana para que se le considere como un producto nutraceútico.

## VIII.- REFERENCIAS

- 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-lisete.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>
- Bellettini, M B, Fiorda, F. A., & Bellettini, S. (2015). *Aspectos gerais do cultivo de cogumelo Pleurotus ostreatus e djamor pela técnica Jun–Cao. Guarapuava: Apprehendere*.
- Bellettini, Marcelo Barba, Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., Ribani, R. H. (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.

Bernardita Gatti, C., & López Zamora, L. (2004). Pleurotus ostreatus, una opción en el Menú.

Estudio sobre las Gírgolas en la dieta diaria. *INVENIO*, 7(12), 7. Retrieved from file:///C:/Users/USER/Downloads/Pleurotus\_Ostreatus\_una\_opcion\_en\_el\_menu\_estudio\_.pdf

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 Còrdova, Victor y; 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](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802008000100009)
- 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>
- 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://revistabioteecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/bioteecnologia/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](http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf)
- Gaitán-Hernández, R., Salmenes, 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](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\\_a\\_\(3\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Efecto_de_la_suplementacion_del_sustrato_sobre_la_a_(3).pdf)
- 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>
- Iossi, M. R., Cobos, J. D. V., Alegria, F. J. G., & Zied, D. C. (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>
- 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=uasr>
- 19
- 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](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>

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 agroindustrial wastes of Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, *13*(2), 128–137. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-)



74832008000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- 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>
- 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>
- 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>

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>

Naraian, 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-2010-289TheefficacyofsorghumandmilletgrainsinspawnNarhObodaietal2011.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>
- 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). Utilizaciòn de raspòn de uva en la elaboraciòn de sustratos especìficos 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](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](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.
- 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>
- Ríos, 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/fo liaamazonica/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>
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M. A., Macías, A., Tapia, A. M., Parraguirre, J., & Juarez, 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](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), 37–544. 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
- 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., Kailash, R., Yadav, P., & Chandra, P. (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>
- 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>

Tome, C. (2019). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre sustrato a base del residuo de las áreas verdes de la Universidad Nacional del Callao. Retrieved from del repositorio de la Universidad Nacional del Callao. Perú. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5126/TOME%20RAMOS%20FIARN%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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>

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., Rezanian, S., ... Mohd Hanafi, F. H. (2018). Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostrreatus*) on fermented moso bamboo sawdust. *Journal of King Saud University - Science*, 0–4. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.021>
- 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>



## IX.- ANEXOS

## A. 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



*[Signature]*  
Dr. Sady García Bendezu  
Jefe de Laboratorio

## B. Informe de Resultados del Análisis de N, P, K y, C del Aserrín



**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



*[Handwritten Signature]*  
 Dr. Sady García Bendezú  
 Jefe de Laboratorio

### C. Evidencias del Cultivo del Hongo *Pleurotus afín ostreatus*

#### Figura 1

*Micelio de Pleurotus afín ostreatus de Tingo María proliferados sobre agar papadextrosa de 10 días de cultivo a 25°C. 24/4/2018. Laboratorio de Microbiología FIARN/UNAC.*



Nota: Proliferación del micelio del *Pleurotus afín ostreatus* sobre el agar papa dextrosa

#### Figura 2

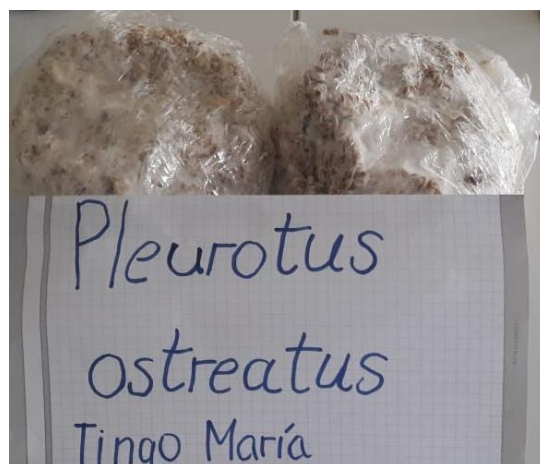
*Siembra del hongo sobre los granos de cereales en condiciones de asepsia. Laboratorio de Microbiología FIARN/UNAC.*



Nota: Elaborando Semilla o blanco de *Pleurotus afín ostreatus*

**Figura 3**

Micelio de *Pleurotus* afín *ostreatus* proliferado sobre granos de cebada y trigo(3:1) de 15 días de cultivo.



Nota: Laboratorio de Microbiología FIARN/UNAC.

**Figura 4**

Lavando y Remojando aserrín y césped residual de jardines



Nota: Aserrín y césped después de 24 horas en agua potable



**Figura 4**

*Elaborando los sustratos para el cultivo de Pleurotus afín ostreatus*



Nota: Realizando las mezclas de aserrín y césped residual de jardines y, embolsando 1Kg en bolsas de polipropileno para luego esterilizar en autoclave.

**Figura 6**

*Sembrando las semillas o blanco del Pleurotus afín ostreatus*



Nota: Siembra en ambiente aséptico.

**Figura 7**

*Invasión del micelio de Pleurotus afín ostreatus sobre el sustrato de balance C/N igual a 30*



Nota: sustrato a base de 69% de césped residual de jardines + 31 % de aserrín

**Figura 8**

*Primordios del Pleurotus afín ostreatus*



Nota: sustrato a base de 69% de césped residual de jardines + 31 % de aserrín (C/N=30)

**Figura 8**

*Cuerpos fructíferos de Pleurotus afín ostreatus*



Nota: Sustrato a base de 69% de césped residual de jardines + 31 % de aserrín (C/N=30)

**Figura 9**

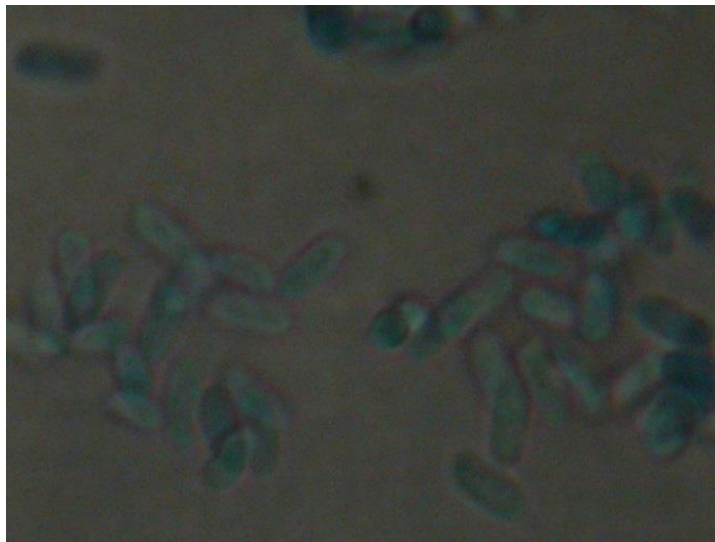
*Esporas de Pleurotus afín ostreatus*



Nota: Se observa un polvo blanco, las cuales son las esporas obtenidas desde el cuerpo fructífero del *Pleurotus afín ostreatus* cultivado.

**Figura 10**

*Esporas de Pleurotus afín ostreatus observadas al microscopio*



Nota: Aumento de 400X. Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao



**D. Registro de temperatura y humedad relativa**

<b>Día</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Humedad Relativa %</b>
11/09/2018	20,2	66
12/09/2018	21,4	62
13/09/2018	19,8	63
14/09/2018	20,4	69
15/09/2018	22,6	62
17/09/2018	24,7	59
18/09/2018	20,2	66
19/09/2018	20,3	67
20/09/2018	23,9	59
21/09/2018	22,2	65
22/09/2018	20,4	64
24/09/2018	20,2	63
25/09/2018	24,7	54
26/09/2018	21,8	62
27/09/2018	25,1	56
28/09/2018	26,2	60
29/09/2018	21,5	64
01/10/2018	19,8	63
02/10/2018	21,5	63
03/10/2018	22,7	61
04/10/2018	21,5	61
05/10/2018	21,8	61
06/10/2018	22,3	60
08/10/2018	23,6	60
09/10/2018	26,3	59
10/10/2018	25,9	54
11/10/2018	19,8	64
12/10/2018	21,6	63
13/10/2018	24,5	55
15/10/2018	22,1	64
16/10/2018	20,2	65
17/10/2018	19,5	65
18/10/2018	22,7	62
19/10/2018	25,1	57
20/10/2018	23,2	59
22/10/2018	21,6	61
23/10/2018	19,6	63
24/10/2018	20,2	66
25/10/2018	22,5	60
26/10/2018	22,2	62
27/10/2018	24,6	56
<b>Promedio</b>	<b>22,20</b>	<b>61,59</b>

Nota: Registro durante el cultivo de *Pleurotus afínostreatus*, setiembre-octubre 2018.

### E. Composición proximal de los cuerpos fructíferos del *Pleurotus affinis ostreatus*



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Laboratorio de Análisis de Físico Químico de Alimentos

INFORME DE ENSAYOS N° 41LAFQA-89- 23-10-2018

Producto : Hongos Comestible  
 Marca : s/m  
 Identificación de muestra : s/i  
 Número de muestras : 01  
 Cantidad recibida : 400 g aprox.  
 Forma de presentación : Bolsa  
 Fecha de recepción : 10/10/2018  
 Ensayo solicitado : Determinación de Análisis Químico proximal

**Resultados:**

Muestra	Análisis	Porcentaje
Hongos Comestible	Determinación de Humedad	75,44 ± 0,25
	Determinación de Ceniza	0,48 ± 0,00
	Determinación de Proteína Bruta (Factor: 6,25)	8,09 ± 0,01
	Determinación de Grasa Bruta	0,13 ± 0,00
	Determinación de Fibra Bruta	3,34 ± 0,20
	Carbohidratos Totales	15,86


**Métodos utilizados en el laboratorio:**

- Determinación de Humedad según el método AOAC 972.20
- Determinación de Ceniza según el método AOAC 938.08
- Determinación de Proteína Bruta según el método AOAC 940.25
- Determinación de Grasa Bruta según el método AOAC 963.15
- Determinación de Fibra Bruta según el método AOAC 920.98

**Observaciones:**

- El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de Análisis Físico-Químico de Alimentos -FIAL-UNALM son de responsabilidad del solicitante
- Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida

La Molina, 23 de octubre del 2018

  
 Ing. Gabriela Cristina Chire Fajardo  
 Jefe del Laboratorio de Análisis  
 Físico-Químico de Alimentos  
 FIAL-UNALM

## F. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>Problema General:</p> <p>¿En qué medida el sustrato, de residuos del céspedde jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N, permite un mejor crecimiento, fructificación y contenido de proteínas del hongo comestible <i>Pleurotus afín ostreatus</i>?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es la velocidad de crecimiento del hongo <i>Pleurotus afín ostreatus</i> sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa?</p> <p>¿Cuál es el tiempo de invasión del micelio del <i>Pleurotus afín ostreatus</i> sobre granos de cebada y/o trigo?</p> <p>¿Cuál es la producción de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> del cultivo sobre sustratos de residuos de césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N?</p> <p>¿Cuál es la composición nutritiva y el contenido de proteínas de los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> cosechadas del sustrato con mayor productividad?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar en qué medida el sustrato, de residuos del césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N, permite un mejor crecimiento, fructificación y contenido proteico del hongo comestible <i>Pleurotus afín ostreatus</i>.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Evaluar la velocidad de crecimiento de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa.</p> <p>Evaluar el tiempo de invasión del micelio del <i>Pleurotus afín ostreatus</i> sobre granos de cebada y/o trigo.</p> <p>Evaluar la producción de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> del cultivo sobre sustratos de residuos de césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N.</p> <p>Determinar la composición nutritiva y contenido de proteínas de los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> cosechadas del sustrato con mayor productividad.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El sustrato adecuado de residuos del césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance C/N igual a 30, permite un mejor crecimiento, fructificación y contenido de proteínas del hongo comestible <i>Pleurotus afín ostreatus</i>.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>La velocidad de crecimiento de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> es bueno sobre el medio de cultivo comercial agar papa dextrosa.</p> <p>La invasión del micelio del <i>Pleurotus afín ostreatus</i> sobre granos de cebada y/o trigo es rápida.</p> <p>La producción de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> depende de un sustrato adecuado de residuos de césped de jardines complementado con aserrín de acuerdo a su balance de C/N.</p> <p>Los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus afín ostreatus</i> cosechadas del sustrato con mayor productividad presentan una buena composición nutritiva y contenido de proteínas.</p>	<p>Variable Independiente X: Sustratos a base de residuos de césped proveniente de la poda de jardines</p> <p>Variable respuesta o dependiente Y: Eficiencia biológica(%).</p>