

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS TROPICALES
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMIA TROPICAL



TESIS

“EFECTO DE SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS
AGRÍCOLAS, EN EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE
Pleurotus ostreatus «Jacquin Fries» Kummer, DISTRITO DE
SANTA ANA, LA CONVENCIÓN”

PRESENTADO POR:
Bach. YURY CÁRDENAS QUISPE

PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGRÓNOMO TROPICAL

ASESOR:
Blgo. RUBÉN CASAFRANCA VÁSQUEZ

Tesis financiada por la UNSAAC

Quillabamba – Cusco – Perú

- 2015 -

INDICE

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1.	Identificación.....	3
1.1.2.	Descripción del problema.....	3
1.1.3.	Definición del problema.....	5
1.2.	OBJETIVOS.....	5
1.2.1.	OBJETIVO.....	5
1.3.	HIPÓTESIS.....	6
1.4.	JUSTIFICACION.....	6
II.	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	8
2.1.	Antecedentes.....	8
2.2.	Los hongos.....	15
2.3.	Descripción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	22
A.	Hábitat.....	22
A.	Taxonomía.....	22
B.	Morfología.....	22
C.	Valores nutritivos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	23
2.3.1.	Relación c/n en el desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	24
2.3.2.	Factores ambientales para el desarrollo de <i>Pleurotus</i>	25
2.3.3.	Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	26
A.	<i>Producción de Pleurotus ostreatus</i>	26
B.	Preparación del inóculo.....	26
a.	Preparación del inóculo "primario".....	27
b.	Preparación de inóculo "secundario".....	27

C. Preparación del sustrato	28
- Fermentación:	29
D. Siembra e incubación.	31
E. Fructificación y cosecha.....	32
2.3.4. Contaminaciones, enfermedades y plagas	34
2.3.5. Indicadores de producción	37
2.3.6. Sustratos para la producción de <i>Pleurotus</i>	39
2.3.8. Sustrato a utilizar	41
2.3.8.1. Rastrojo de Maíz.....	41
2.3.8.2. Bagazo de Caña.....	42
2.3.8.3. Cascarilla de Café.	44
2.3.8.5. Pasto Elefante	46
2.3.8.6. Pasto Braquiaria (<i>Brachiaria decumbens</i>)	47
2.3.9. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación de <i>Pleurotus. spp.</i>	48
A. La temperatura	48
B. El PH.	49
C. El sustrato	50
D. La humedad en el sustrato	54
E. La humedad del aire	54
F. Tamaño de partícula	55
G. La aireación.....	55
H. La luz.....	55
2.3.8. Suplementación con urea	56
2.3.9. Mercado.....	56

2.3.9.1.	Producción a nivel mundial	57
2.3.9.2.	Demanda potencial	58
III.	MATERIALES Y METODOS	60
3.1	UBICACIÓN.....	60
a)	Ubicación del experimento	60
b)	Ubicación geográfica	60
3.2.	MATERIALES.....	60
a)	Material biológico.....	60
b)	Insumos.....	61
c)	Materiales de Laboratorio.	61
d)	Instrumentos de Laboratorio.	62
e)	Otros	62
3.3.	METODOS	62
3.3.1.	Componentes del estudio.....	63
3.3.2.	Tratamientos en Estudio.....	63
3.3.3.	Diseño del Experimento	63
3.3.4.	Características del Experimento.....	64
3.3.5.	Metodología de Evaluación	64
3.3.5.1.	Población a estudiar	64
3.3.5.2.	Parámetros evaluados	64
3.3.5.2.1	Número de Basidiocarpos:	64
3.3.5.1.2.	Diámetro de Basidiocarpos:	64
3.3.5.1.3.	Rendimiento del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos:.....	65
3.3.5.1.4.	Eficiencia biológica de <i>Pleurotus. ostreatus</i> :	65

3.3.5.1.5. Tasa de degradación:.....	65
3.3.5.1.6. Fenología del hongo ostra <i>Pleurotus ostreatus</i> :	65
3.3.5.1.7. Costos de producción del <i>Pleurotus ostreatus</i>	66
3.3.6. Análisis de datos	66
3.3.7. Conducción del Experimento.....	66
3.3.7.1. Etapa I. Preparación del inóculo	66
3.3.7.2. Etapa II. Preparación del sustrato	70
3.3.7.3. Etapa III. Siembra e incubación	76
3.3.7.4. Etapa IV. La fructificación.....	78
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	81
4.1. RESULTADOS.....	81
4.2. DISCUSIÓN.....	104
V. CONCLUSIONES.....	108
VI. RECOMENDACIONES	109
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	110

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1: contenido nutricional de pleurotus ostreatus.</i>	<i>24</i>
<i>Cuadro 2: Valores óptimos de los factores ambientales que influyen en el crecimiento de Pleurotus ostreatus.</i>	<i>25</i>
<i>Cuadro 3: Condiciones ambientales óptimas para la fructificación de P. ostreatus.</i>	<i>33</i>
<i>Cuadro 4: Familias de insectos.</i>	<i>36</i>
<i>Cuadro 5: Composición nutricional del rastrojo de maíz.</i>	<i>41</i>
<i>Cuadro 6: Porcentaje del peso de rastrojo de maíz según estructura:</i>	<i>42</i>
<i>Cuadro 7: Composición nutricional de bagazo de caña.</i>	<i>44</i>
<i>Cuadro 8: Composición química de la cascarilla de café.</i>	<i>45</i>
<i>Cuadro 9: Composición química de pasto Braquiaria.</i>	<i>48</i>
<i>Cuadro 10: Producción de hongos comestibles por países (tm)</i>	<i>57</i>
<i>Cuadro 11: Producción comercial de Pleurotus spp. en Latinoamérica ...</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro 12: Producción de Pleurotus a nivel internacional (Año 2000)....</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro 13: Producción y consumo de hongos en algunos países.</i>	<i>59</i>
<i>Cuadro 14: Cuadro de sustratos por cantidad (kg) embolsados en bolsas de polipropileno de (13x20)</i>	<i>75</i>
<i>Cuadro 15: Número de basidiocarpos (Pleurotus ostreatus).....</i>	<i>81</i>
<i>Cuadro 16: Número de basidiocarpos convertidos (Pleurotus o.)</i>	<i>82</i>
<i>Cuadro 17: Análisis de varianza para el número de basidiocarpos (PO)..</i>	<i>82</i>
<i>Cuadro 18: Prueba de Tukey para el número de basidiocarpos de (Pleurotus ostreatus)</i>	<i>83</i>
<i>Cuadro 19: Cuadro ordenado de diámetro (cm) de Píleo (Pleurotus ostreatus)</i>	<i>84</i>
<i>Cuadro 20: Análisis de Varianza para el diámetro del píleo de los basidiocarpos de (Pleurotus ostreatus).....</i>	<i>85</i>
<i>Cuadro 21: Prueba de Tukey para el diámetro (cm) del Píleo (Pleurotus ostreatus)</i>	<i>85</i>

Cuadro 22: . Cuadro ordenado de rendimiento de basidiocarpos en g de (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	87
Cuadro 23: Cuadro ordenado de rendimiento de basidiocarpos en kg (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	87
Cuadro 24: Rendimiento kilogramos de hongo fresco/tm de sustrato	88
Cuadro 25: _Análisis de varianza para rendimiento	88
Cuadro 26: Prueba de Tukey para el rendimiento.....	89
Cuadro 27: Cuadro ordenado de datos expresados en (%) de la eficiencia biológica.	90
Cuadro 28: Análisis de varianza de eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	91
Cuadro 29: Prueba de Tukey para Eficiencia Biológica (%) (<i>Pleurotus ostreatus</i>) en los seis sustratos evaluados.....	91
Cuadro 30: Cuadro ordenado de tasa de degradación (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	93
Cuadro 31: Cuadro ordenado de asa de degradación (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	94
Cuadro 32: Análisis de varianza de tasa de degradación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	94
Cuadro 33: Prueba de Tukey para Tasa de Degradación (<i>Pleurotus ostreatus</i>) en los seis sustratos evaluados.....	95
Cuadro 34: Ciclo de vida promedio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> expresado en días.	96
Cuadro 35: Cuadro de resumen de los costos total de beneficio bruto de toda las repeticiones.	98
Cuadro 36: Índice de rentabilidad de los diferentes tratamientos tomando como base el peso de cada unidad experimental evaluado (bolsa con sustrato)	99
Cuadro 37: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el número de basidiocarpos y rendimiento	100

<i>Cuadro 38: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el diámetro de basidiocarpos y rendimiento.....</i>	<i>100</i>
<i>Cuadro 39: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre eficiencia biológica y rendimiento</i>	<i>101</i>
<i>Cuadro 40: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el diámetro del píleo y eficiencia biológica.....</i>	<i>102</i>
<i>Cuadro 41: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el número de basidios y eficiencia biológica.....</i>	<i>102</i>
<i>Cuadro 42: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el número de basidios y diámetro de píleo.....</i>	<i>103</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Esquema de las partes básicas de una seta.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2: Preparación de Medio de cultivo PDA en envases de vidrio</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3: Llenado de micelio de Pleurotus en medio de cultivo PDAO.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4: Todos los pasos para la producción de Pleurotus ostreatus en granos de trigo.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 5: Recolección y preparación de los sustratos.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 6: Secado de los sustratos a la exposición directa del sol.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 7: Picado de los sustratos con machete en trozos de 3 - 5.5 cm...72</i>	
<i>Figura 8: Rehidratación de los sustratos en lavadores.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 9: Oreado de los sustratos sobre plásticos.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 10: Sustratos embolsados</i>	<i>75</i>
<i>Figura 11: Esterilización de los sustratos (Esterilización con vapor sin presión)</i>	<i>76</i>
<i>Figura 12: Sustratos inoculados con granos de trigo llenos de micelio. ...77</i>	
<i>Figura 13: Incubación de los sustratos en un cuarto cerrado.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 14: Inicio de fructificación de los sustratos con los hongos P. ostreatus.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 15: Cosecha de basidiocarpo de Pleurotus ostreatus</i>	<i>80</i>
<i>Figura 16: Número de basidiocarpos de Pleurotus ostreatus por sustrato (tratamiento), con los datos reales.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 17: Diámetro de píleo de Pleurotus ostreatus para cada tratamiento.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 18: Rendimiento de basidiocarpos (Pleurotus ostreatus) para cada sustrato (tratamiento).....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 19: Eficiencia biológica con los datos reales (Pleurotus ostreatus) para cada tratamiento.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 20: Tasa de degradación con datos reales (Pleurotus ostreatus) para cada tratamiento.....</i>	<i>95</i>

Figura 21: Ciclo de vida del hongo Pleurotus ostreatus expresada en días en los diferentes sustratos desde el crecimiento de los micelios en PDAO hasta la última cosecha de los basidiocarpos.97

ACTO QUE DEDICO

A:

Mis padres: Estanislao Cárdenas Villa y valentina Quispe Apaza, como una pequeña muestra de lo mucho que los amo, un reconocimiento a sus años de esfuerzo en mi formación y un homenaje de agradecimiento por todo lo valores, principios y orientación recibidos.

Mis hermanos: Jhony Cárdenas Quispe, Rosse Cárdenas Quispe y Jesusa Huamán Laura, por creer en mí y apoyarme en todo cuanto podían.

Mi provincia: La Convención

Mis centros de estudio: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) y Facultad de Ciencias Agrarias Tropicales. Por haber cimentado los conocimientos que me hacen ser quien soy

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios: Por darme sabiduría e iluminarme para alcanzar mis metas.

Mi familia: Mis abuelos, tíos y primos, como agradecimiento por el amor incondicional que siempre me han brindado.

Mis amigos y compañeros: A todos aquellos con los que compartí tantas experiencias y con quien deseo compartir muchas más. Gracias por todo amigos.

Mi asesor: Blgo Rubén Casafranca Vásquez, por su valiosa colaboración en la elaboración y redacción del presente estudio.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal, valorar el efecto de los sustratos a base de residuos agrícolas, en el crecimiento y desarrollo del hongo comestible "*Pleurotus ostreatus*, como sustratos se emplearon rastrojo de maíz (RM), viruta (V), cascarilla de café (CC), bagazo de caña (BC), pasto elefante (PE), pasto braquiaria (PB). Para este trabajo se usó el Diseño Completamente al Azar (DCA) evaluando los siguientes índices: Número de Basidiocarpos (NB), Diámetro de Basidiocarpos (DB), Rendimiento (R), Eficiencia Biológica (EB), Tasa de Degradación (TD), Fenología del Basidiocarpo (FB), Costos de Producción (CP). Toda esta actividad se realizó en el laboratorio de biotecnología de la (FACAT-UNSAAC). la Cepa de *Pleurotus ostreatus* fue obtenida del Laboratorio de Micología y Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM, la cual fueron repicada en placas Petri con papa, destroza agar y Oxitetraciclina (PDAO), luego en bolsas de trigo pre cocido a la cual a vez se sembraron en los seis sustratos previamente desinfectados. El sustrato óptimo para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* es el Rastrojo de Maíz, la cual ha alcanzado buenos resultados en número de basidiocarpos, diámetro de basidios y rendimiento con valores de 54.8 und, 8.84 cm y 889.28 kg de hongo por TM de sustrato respectivamente, seguidos posteriormente por los sustratos Bagazo de Caña y la Cascarilla de Café. El hongo *Pleurotus o.* registro una eficiencia biología en el Rastrojo de Maíz de (88.93 %), seguido posteriormente por bagazo de caña (71.40 %). El tiempo más corto de crecimiento y desarrollo del hongo comestible *Pleurotus o.*, se registró en el sustrato Rastrojo de Maíz (78 días) seguidos posteriormente por los sustrato de Pasto Braquiaria y Viruta (80 días). El sustrato que obtuvo un alto valor en la Tasa de Degradación es Pasto Braquiaria (27.61 %). El sustrato de Rastrojo de Maíz obtuvo Mayor índice de beneficio costo B/C (1: 1.45), seguidos posteriormente por Cascarilla de café (1:1.39) y Bagazo de caña (1:1.36); se invirtió S/. 2,515.25 nuevo soles en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

“EFECTO DE SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* ‹Jacquin Fries› Kummer, DISTRITO DE SANTA ANA, LA CONVENCION”

I. INTRODUCCION

Pire (2001), estima que existen alrededor de 70,000 especies de hongos Macromycetes conocidos e identificados de los que aproximadamente 5,000 son setas comestibles en algún grado y 2,000 son setas comestibles de buena calidad. Se ha reportado que solamente 100 de estas especies comestibles se ha investigado experimentalmente, de las cuales solamente 50 se han desarrollado con fines económicos, y de estas solo 30 especies comestibles se cultivan a escala comercial y 6 a escala industrial.

Romero *et al.* (2010), indica que el mercado de producción de hongos comestibles es muy amplio y que al nivel de experimentación y cultivo todavía queda mucho por explorar. A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, contando con leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados), bajo contenido de calorías y carbohidratos. También se caracterizan por tener conocidas y reportadas propiedades medicinales como producir retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmuno moduladoras

Oei (2003), hace mención que uno de los hongos comestibles que más se ha estudiado y cultivado durante los últimos años es *Pleurotus ostreatus* debido a la facilidad de cultivo y a su gran potencial económico y calidad nutricional. Este hongo se desarrolla en la naturaleza

preferiblemente sobre residuos de material leñoso o rico en fibra como troncos, ramas y bagazos. Para su cultivo se pueden utilizar otro tipo de materiales que contengan una composición similar a los residuos que utiliza para crecer en su ambiente natural. Dentro de estos materiales se encuentran los residuos agroindustriales, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos sin ningún tratamiento previo lo que contribuye al daño de los ecosistemas.

Simoni (2008), menciona que hay una gran cantidad de residuos agrícolas en las diferentes provincias de la región cusco que no se aprovechan de manera óptima, siendo una de estas los rastrojos de maíz y restos de cultivos temporales.

Simoni (2008), hace mención que el incremento de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos en la región Cusco; que se originan tanto en los núcleos domésticos (residuos urbanos) como en zonas agroindustriales y forestales los que en algunos casos son tratados por medio de actividades de selección, compostación o son incinerados en el lugar de origen incrementando a la contaminación del ambiente.

Tomando en cuenta todas estas características, sumadas a las condiciones ambientales óptimas que presenta la provincia de La Convención, se realizó el presente trabajo de investigación en las instalaciones del laboratorio de Biotecnología la Facultad de Ciencias Agrarias Tropicales – sede de la UNSAAC en Quillabamba, con la finalidad de evaluar el efecto de sustratos agrícolas a base de residuos agrícolas en el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, se utilizaron como insumos el Rastrojo de Maíz (*zea mays*), Viruta, Cascarilla de Café (*Coffea arabica*), Bagazo de Caña (*Sacharum officinarum*), Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Pasto Braquiaria (*Brachiaria decumbens*) los

que adecuadamente tratados fueron evaluados como sustratos en la producción del hongo, después del proceso de acondicionamiento se evaluaron características con Número de Basidiocarpos, Diámetro de Basidiocarpos, Rendimiento, Eficiencia Biológica y Costos de Producción.

Con la finalidad de establecer cual o cuales de los tratamientos sería el mejor los datos fueron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza y pruebas de Tukey al 0.5 % ,todo esto con la finalidad de implementar un protocolo de cultivo del hongo y demostrar que mediante esta actividad se podría incrementar la producción de proteína para el consumo de los agricultores ya que existe un déficit en los hábitos alimenticios, además brindar la posibilidad para quienes se dediquen a la producción comercial la posibilidad de mejorar sus ingresos económicos y mejorar su nivel socio económico.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Identificación.

No se conoce cuál es el sustrato en base a residuos agrícolas que es el más adecuado para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en la provincia de La Convención.

1.1.2. Descripción del problema

La provincia de la convención está a 1050 m.s.n.m. encontrándose en todo el ámbito provincial hasta 16 pisos ecológicos, que permite la más variable producción agrícola, en sus tres regiones: de la sierra, de la ceja de selva o selva alta y de la zona amazónica o selva baja. Entre los cultivos perennes se tiene: café, cacao, achiote y frutales (naranja, lima, limón, palto, plátano), etc. y entre los anuales tenemos: arroz, maíz amarillo duro, frijol, yuca, maní, camote, uncucho, caña de azúcar, palillo, etc. entre los cultivos potenciales se considera: achira , michucsi, caupi, soya, algodón

lechuga batalla, sachá orégano, tomate regional, palma africana aceitera, shapaja, caimito, Camú - Camú, chope, cocona, palillo, frijol de palo, caña de azúcar, palma de coco y otros. En la producción pecuaria, Vilcabamba es el distrito que cuenta con mayor cantidad de ganado vacuno 37.95 % de total, luego Santa Teresa con 20.63 % . Echarate con 17.73 % y los distritos de Santa Ana, Occobamba y Maranura con porcentajes que van desde 5.08% a 0.88%. Teniendo así un amplio conjunto de residuos agrícolas que no se están aprovechando que sirve de hogar a las plagas y enfermedades, y otros. Estos residuos se pueden obtener abandonados en los lugares de producción o son quemados provocando contaminación del medio ambiente.

Otro de los grandes problemas es la disponibilidad de las fuentes de proteína el que es escaso, debido a que en el campo solo se consume: Carne de animales silvestres 10 %, Pescado congelado 25 %, Pollo congelado 15 %, Chalona 30 %, Alpaca 10 %. En forma esporádica; vale decir que la dieta está basada mayormente en el consumo de hidratos de carbono que trae como consecuencia problemas de desnutrición, y bajos niveles de rendimiento en el estudio de los niños en sus centros educativos, bajo rendimiento de las mujeres en sus diferentes actividades y de la misma manera en el agricultor en su trabajo; estas deficiencias se ven reflejadas en la poca producción que al final de la campaña generan recursos económicos y merman su nivel y calidad de vida; además existe un desconocimiento de la Fungicultura y de las bondades de los hongos comestibles que bien puede convertirse en una actividad que contribuiría a la solución de estos problemas debido a que es una actividad que produciría proteína de muy buena calidad a bajo costo, generaría mayores recursos económicos producto de la comercialización de estos hongos en el mercado local, regional y por qué no en el internacional, que como consecuencia incrementaría los recursos económicos familiares y

contribuirían a mejorar el nivel socioeconómico y la calidad de vida del agricultor productor de *Pleurotus ostreatus*.

1.1.3. Definición del problema.

¿Cuál de los sustratos en base a residuos agrícolas es el adecuado para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* adaptado a nuestro medio?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO

a. Objetivo general.

Evaluar el efecto de los sustratos a base de residuos agrícolas (Rastrojo de Maíz, Viruta, Cascarilla de Café, Bagazo de Caña, Pasto Elefante y Pasto Braquiaria) en la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en La Provincia de la Convención.

b. Objetivos específicos.

1. Determinar cuál de los sustratos agrícolas es más adecuado para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.
2. Evaluar la Eficiencia biológica del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*
3. Observar y registrar la fenología del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.
4. Evaluar la tasa de degradación de los sustratos usados en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.
5. Realizar el análisis económico en la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

1.3. HIPÓTESIS

Ho. El rastrojo de maíz es el mejor sustrato, en la producción de Basidiocarpos, con adecuada eficiencia biológica y rentabilidad

Ha. Todos los sustratos a base de residuos agrícolas utilizados son adecuados para la producción de Basidiocarpos, con adecuada eficiencia biológica y rentabilidad.

1.4. JUSTIFICACION

Simoni (2008), menciona que en la región Cusco no se ha valorado el potencial ecológico y económico de muchos residuos agrícolas como lo son el rastrojo de maíz, rastrojo de trigo, rastrojos de cebada ya que son abundantes en la región y de fácil acceso para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. La producción y venta de este hongo induce al mercado un producto alimenticio de buena calidad nutraceutica utilizando residuos propios de los cultivos agrícolas de la región.

Simoni (2008), hace mención que en la región Cusco existe una escasa tradición cultural y culinaria del consumo de hongos comestibles, desconociendo sus propiedades de alta calidad nutricional, sabor exótico apetecido y reconocido en otras culturas, así como sus propiedades medicinales, que adecuadamente implementadas podría convertirse en una actividad altamente rentable, contribuiría a generar mayores fuentes de trabajo para intermediarios y comerciantes relacionados a esta actividad, mejoraría la calidad nutricional del poblador, y esto se vería reflejado en la mejora de la calidad de vida el agricultor dedicado a esta actividad.

Ceballos (2007), indica que los beneficios que conlleva cultivar hongos del género *Pleurotus sp.*, dentro de los cuales mencionan son

potentes agentes biológicos que convierten los subproductos orgánicos en alimentos humanos de buena palatabilidad. Su eficiencia de conversión de proteína por unidad de área y por unidad de tiempo, es muy superior a las fuentes de proteína animal.

Bermudes *et.al.* (2003), hace mención de los aspectos que motiva el cultivo del hongo, es por las condiciones que posee nuestra provincia con respecto a otros lugares como es la de poseer abundante materia para la elaboración del sustrato y su disponibilidad durante todo el año. Bajo estas condiciones la producción de hongos está dirigida a una alimentación sana, barata y disponible durante todo el año, el hongo es considerado como un complemento alimenticio por ser rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales.

En la actualidad existen pocos estudios de la producción del hongo comestible, por tal razón implementar este tipo de alternativa cambiaría el rumbo de la agricultura tradicional al incrementar los ingresos del productor.

Ante el problema planteado surge la necesidad de buscar otras fuentes alimenticias como alternativa para la población. Frente a esta realidad se pretende producir hongos comestibles del género *Pleurotus* por su fácil y masiva propagación en sustratos naturales.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Antecedentes

Holgado (2015), evaluó la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm como alternativa agroecológica en residuos agrícolas generados en la Comunidad Campesina de Huayllay, distrito de Ccorca, provincia de Cusco durante el 2015 con la finalidad de realizar una estimación del Valor Actual Neto -VAN y la Tasa Interna de Retorno -TIR en módulos de producción acondicionados en las viviendas de los comuneros mediante indicadores de producción como la eficiencia biológica (EB), variables fenológicas y de producción. Adicionalmente se realizó el análisis fisicoquímico de los hongos producidos y se determinó la presencia de contaminantes y plagas. Los ciclos de cultivo fueron relativamente cortos con 65 y 84 días para ambas épocas del año alcanzando los carpóforos tamaños ideales para su comercialización (3-12cm) con EB de 94% y 60% valores considerados aceptables para emprender un negocio productivo. El porcentaje de proteína en base seca (31.58%) nos indica su valor como alimento nutraceutico. *Trichoderma sp.* y *Penicillium sp.*,son los contaminantes ambientales que más incidieron en la producción además de dípteros de las familias Drosophiliidae, Anisopodidae, Mycetophilidae, Tethinidae, Sciaridae, Phoridae, hymenopteros de la superfamilia Chalcidoidea y gasterópodos de la familia Limacidae que ocasionan daños y pérdidas principalmente en la etapa de fructificación. Del análisis VAN-TIR se deduce que el cultivo de *P. ostreatus* es rentable pudiendo este ser más óptimo si se mejora las condiciones de su cultivo garantizando su sostenibilidad en el tiempo.

Vargas et. al. (2012), evaluaron la hojarasca de roble en un relicto de bosque en la Vereda La Capilla de Cajibío (Cauca) durante 6 meses, como sustrato para el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, eligiendo árboles maduros con DAP entre 35 y 37 cm, obteniéndose un promedio de

7,41 kg de hojarasca por árbol. Se evaluó el crecimiento del hongo en hojarasca mezclada con bagazo de caña y 5 sustratos: T1: bagazo 100 %, T2: roble 100 %, T3: roble 75 % y 25 % de bagazo, T4: roble 50 % y 50 % bagazo y T5: roble 25 % y 75 % bagazo, logrando eficiencias biológicas de 221,1 %, 44,35 %, 52,78 %, 90,30 % y 109,12 % respectivamente. Se observó relación inversa entre el contenido de hoja de roble y las eficiencias debido a la naturaleza coriácea y cerosa de la hoja. La mayoría de los carpóforos presentaron 5 a 12 cm de diámetro y contaminación causada por hongos competidores del género *Trichoderma* sp. Se detectaron cambios en la composición del sustrato agotado, principalmente incremento de minerales y proteínas y disminución de fibra en el bagazo de caña y en la hojarasca de roble, siendo apto para alimentación de animales poligástricos por el contenido de proteína micelial, presencia de celulosa y menor contenido de lignina.

Garzón y Cuervo (2008), realizaron un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cuatro residuos sólidos de diferente procedencia usados como sustratos. Éstos fueron bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano. Se evaluó el efecto de los cuatro sustratos de forma individual y en mezclas sobre la producción del hongo y en mezclas sobre la producción del hongo a través de indicadores como la eficiencia biológica, el rendimiento, el número de días en periodo de incubación, el número de días para la aparición de primordios, la frecuencia y el porcentaje de peso de cada cuerpo fructífero y la productividad. El rendimiento de los sustratos que tuvieron café tanto individualmente como en las mezclas varió entre los 265 g a 409 g y fueron significativamente más altos ($p < 0,05$) que los sustratos que no lo tenían en los cuales varió entre 1,5 g y 154 g. Comparando los diferentes sustratos usados en este ensayo, observo que al mezclar el café con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz se obtuvieron los mejores resultados. En estos sustratos el número de días de incubación fue entre 7 y 16 días menor

y el número de días para la aparición de primordios fue entre 11 y 54 días menor respecto de los demás sustratos. Se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 4,0 y el 48 %, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 0,5 y 36 %. La productividad estuvo entre 0,715 y 0,905 kg de hongos frescos por cada 100 kg de sustrato seco al día, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron productividades que variaron entre 0,324 kg y 0,494 kg de hongos frescos por cada 100 kg de sustrato seco al día.

Monterroso (2007), comenta que en el año de 1955 dio inicio el cultivo de hongos comestibles en Guatemala con la introducción de champiñones (*Agaricus bisporus*). Más tarde en 1983 el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), realizó algunos estudios en el cultivo del género *Pleurotus* a nivel de laboratorio, cultivando sobre diferentes sustratos. En 1986 se estableció la primera planta productora de hongos comestibles, y desde entonces se comercializa a mediana escala en la ciudad capital. Existen diversos estudios donde se evaluó la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos pero únicamente se encontró un estudio previo donde se haya evaluado en caña de maíz suplementándola con diferentes fuentes nitrogenadas, donde la concentración de nitrógeno total en el sustrato recomendada es de 1.5 por ciento, considerando una relación C/N 30.46-1 que es la óptima que recomienda Hong, citado por Sánchez y Royse, donde la fuente nitrogenada que presentó la mejor eficiencia biológica fue la urea con 121.38 por ciento.

Ceballos (2007), evaluó los restos de cosecha de maíz (caña de milpa y tusa), y hojarasca de roble de la especie *Quercus peduncularis* para el cultivo artesanal de *Pleurotus ostreatus* Ecs 110, utilizando para ello un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones. Cada unidad experimental contó con 50 gramos de sustrato

en peso seco. La eficiencia biológica de los sustratos evaluados rastrojo de maíz y la hojarasca de quercus fue de 113.28 y 113.52 por ciento respectivamente, el período de producción fue de 52 y 49.20 días respectivamente; y, también presentó una producción diaria de masa fúngica comestible de 2.28 y 1.90 por ciento respectivamente. Estas eficiencias biológicas fueron menores al obtenido por el testigo pulpa de café de 148.21 por ciento, el período de producción de los tratamientos evaluados fue menor también pero únicamente por 5 días y la tasa de producción en porcentaje fue similar en todos los sustratos.

López (2004), utilizó el pericarpio de jacaranda y el pasto estrella africana para el cultivo artesanal de *P. ostreatus*. Para el estudio se utilizaron siete tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar, cada uno a razón de 100 gramos de sustrato por cada unidad experimental. La eficiencia biológica para el pasto estrella africana, pericarpio de jacaranda, su correspondiente mezcla en relación 1:1, son 107.4, 67.8 y 83.75 por ciento respectivamente, las cuales son significativamente menores a las obtenidas sobre el testigo (café), de 147.87 por ciento. Se evidenció que las mezclas no ofrecen efectos favorables para el cultivo artesanal del hongo.

Rojas (2004), evaluó los sustratos paja de trigo, broza de encino y rastrojo de maíz para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales. Utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 7 repeticiones, las unidades experimentales fueron de 6 libras de sustrato. Determinó que la mezcla de paja de trigo más broza de encino en proporciones 1:1 es la que presenta el mayor rendimiento en peso fresco y la mejor eficiencia biológica, el consumo de lignina del hongo en este sustrato fue de 19.22 por ciento, con una relación beneficio/costo de 1.75.

Tuchan (2004), evaluó el efecto que tiene la pulpa de café en la producción del hongo en dos sustratos diferentes: cáscara de cacao y madera de bambú agregada en cinco proporciones diferentes a cada sustrato. Utilizó un diseño completamente al azar con 12 tratamientos más tres testigos y ocho repeticiones. Concluyó que el agregar pulpa de café a los sustratos tiene un efecto positivo, por lo que se recomienda agregar pulpa de café a aquellos sustratos que presentan baja eficiencia biológica.

Aguilar (2003), realizó un trabajo con la finalidad de favorecer el desarrollo, han probado diversos sustratos y aditivos entre los que destacan paja y rastrojos de cereales o leguminosas, bagazos de diversas plantas y residuos forestales (pedazos de madera o aserrín). Este estudio se llevó a cabo para conocer si las cáscaras de pitaya sin espinas (*Stenocereus* spp.) se pueden utilizar como complemento de la paja de trigo para el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* var. Blanca. Donde se evaluó el efecto de la incorporación de un 3 % y 10 % de cáscara de pitaya a la paja en el cultivo del hongo, utilizando como parámetros: la eficiencia biológica, el tiempo de cosecha y la cantidad de proteína de la seta obtenida. Encontró que la adición de un 3 % de cáscaras de pitaya actuó como enriquecedor de la paja de trigo, obteniéndose tiempos de cosecha significativamente más cortos (alrededor de 33 días); una mayor eficiencia biológica (45.89 %) y una cantidad de proteína de la seta del 13 %.

Freundt (2003), evaluó la producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional. La empresa se dedicara a la producción y comercialización de Champiñón blanco, Portobellos, Shiitakes y Champiñón Ostra tanto para el mercado local (abarca la ciudad de Lima y la costa norte del País) como el Internacional (New York). En vista de que existe una demanda insatisfecha por hongos comestibles, el potencial de crecimiento del mercado y la oportunidad de que entre un nuevo competidor; se ha decidido incursionar en este mercado

desarrollando procesos de producción eficientes que permitan ofrecer productos a precios competitivos. De acuerdo con los análisis mostrados en el trabajo, con una inversión de S/.814,974.16, cuyo aporte propio del accionista sería del 40% y el otro 60% es financiado por el banco, se podría convertir en la empresa líder a nivel nacional en este rubro. Con un VAN Económico de S/. 845,850.33 y un VAN Financiero de S/. 1'129,390.3 a una tasa Ke del 20% y una tasa K (WACC) del 16.4%. es rentable y generará más puestos de trabajo, además también se relaciona con industrias aledañas como transporte, envasadoras, e incluso con la agricultura ya que el compost utilizado para la crianza de hongos sirve como muy buen abono para las plantas debido a su rico compuesto de minerales. Además este proyecto permite demostrar que en nuestra región existen nuevas formas de inversión no tradicionales. Ya que todo proyecto originado en esta región refiere siempre a lo mismos temas.

Montes (2001), realizó cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de mantillos de encino, conacaste y liquidámbar. Para ello se utilizaron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones a razón de 100 gramos de sustrato por cada unidad experimental, con un diseño experimental completamente al azar. El encino alcanzó una eficiencia biológica de 70.57 por ciento, muy por debajo del mostrado por café (testigo), que fue 103.54 por ciento. En los demás mantillos (conacaste y liquidámbar), no se pudo cultivar el hongo.

Mendoza (2001), evaluó el efecto de la pulpa de café sobre el rendimiento y eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* utilizando estopa de coco y estróbilos de pino como sustratos para su cultivo, se realizaron mezclas de sustrato-pulpa en proporciones de 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5 y como testigo la pulpa. Utilizó un diseño completamente al azar con 13 tratamientos y 5 repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento que presentó mayor rendimiento y eficiencia biológica fue la pulpa de café

con 583.68 gramos de hongo y un 128.56 por ciento respectivamente, por otro lado no se recomienda la utilización de estróbilos como sustrato.

Aldana (2000), realizó una comparación de la eficiencia de producción de *P. ostreatus* en cinco diferentes granos siendo estos: sorgo, trigo, arroz, maíz y cebada. Estos granos fueron comparados con un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y ocho repeticiones. Se utilizó como testigo el grano de sorgo. Cada unidad experimental se constituyó de una bolsa de poli papel con 300 gramos esterilizados e inoculados con el micelio del hongo. El grano de cebada presentó mejores rangos de crecimiento y en menor tiempo que los demás, incluyendo al grano testigo. A pesar que el grano de cebada tiene mayor precio, por disminución del tiempo de crecimiento es posible incrementar el número de ciclos de producción del hongo que a la vez aumenta la rentabilidad del proceso.

García (2000), evaluó el rastrojo de maíz y la cascarilla de arroz individualmente y sus mezclas en tres diferentes proporciones (1:1, 2:1 y 1:2), utilizando para ello un diseño completamente al azar, con seis tratamientos y ocho repeticiones a razón de 1 libra de sustrato en peso seco por unidad experimental. El mejor rendimiento en peso y eficiencia biológica se obtuvo con la mezcla 2:1 rastrojo de maíz y cascarilla de arroz respectivamente, con una eficiencia biológica de 117.3 por ciento y un peso promedio de 532.5 gramos por unidad experimental. La eficiencia biológica del testigo pulpa de café fue de 105.5 por ciento y un peso total de 479 gramos por unidad. Concluyendo que es preferible el uso de mezclas de rastrojo de maíz y cascarilla de arroz que el uso de estos mismos sustratos sin mezclar.

IIAP (1993), los hongos comestibles constituyen un gran potencial alimenticio para las regiones de la Amazonía donde abundan en forma natural. Con la finalidad de estudiar la metodología más adecuada del desarrollo de la seta comestible *Pleurotus* *ostreatus* se realizó un estudio en la región de Tingo María. Inicialmente se estudió el aislamiento y cultivo del hongo a partir de tejidos y basidiosporas y su identificación; luego se evaluó los efectos de medios de cultivos, los de luz y los de temperatura en el desarrollo micelial y de basidiocarpos. Los resultados demostraron que el mayor promedio de desarrollo micelial se consiguió a partir de aislamiento y cultivo de tejidos del hongo previa desinfección. Por sus características externas e internas o microscópicas se identificó al hongo como *Pleurotus* *ostreatus*. Mejor desarrollo micelial, mayor formación de basidiocarpos se tuvo mediante el medio de cultivo de trigo autoclavado. Para efectos de condiciones de luz, mayor desarrollo micelial se consiguió usando el medio de cultivo de trigo autoclavado sometido a oscuridad, mientras que para el desarrollo de basidiocarpos resultó mejor los tratamientos sometidos a luz. Ambos procesos con un rango de temperatura entre 25° a 29° C.

2.2. Los hongos

Mucha gente tiende a confundir hongo y seta. De hecho el término hongo puede resultar un tanto equívoco en lenguaje coloquial. Para algunos, los hongos son algún tipo de seta, comestible o no. No obstante, desde el punto de vista científico las diferencias son claras: los hongos son unos organismos peculiares, fascinantes y muy diversos; las setas son las fructificaciones o cuerpos fructíferos de ciertos hongos. Por tanto, antes de continuar, se hace necesario definir el término hongo. Básicamente, se aplica a todo aquel organismo estudiado por los micólogos Ceballos y Duarlen.

A. Generalidades de los hongos Macromicetos

Sánchez (1994), los hongos macroscópicos o Macromicetos tienen la misma forma de crecimiento en forma de hifas y micelio que los hongos microscópicos, sin embargo tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible, aéreo (carpóforo), que es propiamente lo que se suele identificar como "hongo". El cuerpo fructífero se compone de las siguientes partes: micelio primario, micelio secundario, píleo o sombrero, contexto o carne, estípite o tallo, el himenio y las esporas, que pueden ser sexuales o asexuales.

La mayoría de los hongos macroscópicos pueden identificarse por medio de un examen visual en fresco; sin embargo, para completar los estudios se recurre a la observación de sus características microscópicas como son la forma y dimensiones de sus esporas y sus hifas, de acuerdo con los criterios taxonómicos tradicionales, las características, muy variables para la identificación de un hongo, son

1. **El color.** Existen hongos de coloración roja, rosácea, café, blanca, etc. El color es una característica de suma importancia para la identificación de los hongos, ya que permite diferenciar especies.
2. **El píleo o sombrero.** Puede encontrarse gran variedad de formas como: embudo, campánulado, plano, convexo, cilíndrico, giboso, etc. Tener variaciones sobre sus márgenes: pueden ser dentados, enrollados, levantados, etc. La textura del píleo puede presentar sensación de humedad, ser mucilaginoso, aceitoso, sedoso, tener escamas, vellosidades, estrías, brillantez u ornamentaciones (cavidades, grietas, arrugas, espinas, etc.)
3. **El estípite o pie.** Algunos hongos pueden no tener estípite, cuando lo tienen puede estar ubicado justo abajo del centro del píleo, de

manera lateral o excéntrica. Puede ser bulboso, torcido, rígido, liso, quebradizo, leñoso, flexible, correoso, etc.

4. **La presencia y forma de la volva.** En la base del tallo o de un anillo en la parte superior del mismo.
5. **Las estructuras que forman el himenio.** Las láminas (su forma, su tamaño, su densidad, la unión con el estípite), la presencia de dientes o poros.
6. **El anillo:** es un velo parcialmente cerrado que protege las láminas, adherido al pie de la seta, algunos hongos pueden no tenerlo.
7. **El olor y el sabor del hongo.** Estas características son de importancia secundaria. Sin embargo ayudan a la confirmación de algunas especies en particular. El olor puede ser agradable, imperceptible, nauseabundo, etc.

En la Figura N° 01. Se puede observar, a la izquierda el esquema de las partes descritas anteriormente en un hongo Macromiceto y a la derecha una seta de *Pleurotus ostreatus*.

Figura 1: Esquema de las partes básicas de una seta.



La importancia de los hongos desde el punto de vista bioquímico y ecológico, radica en el complejo sistema enzimático que poseen, gracias al cual pueden, según la especie, degradar moléculas de alto peso molecular como la celulosa, la lignina, la quitina, los taninos, etc. Estas son macromoléculas que presentan dificultad en su degradación; sin embargo el sistema metabólico de estos hongos les permite metabolizar esos compuestos, de los que obtienen energía para sus procesos vitales y metabolitos para su nutrición.

Este tipo de macromoléculas se encuentra normalmente en las formas vegetales y sus desechos. Su estructura se encuentra normalmente en las formas vegetales y sus desechos. Su estructura química compleja les permite permanecer a la intemperie por largos períodos de tiempo sin ser degradados o sufrir mayores transformaciones, siendo la lignina el polímero aromático más abundante sobre la tierra.

De ahí la importancia de los Macromicetos, ya que pueden revalorizar un desecho orgánico. A fin de cuenta, el fenómeno bioquímico de degradación se traduce en que las células de los Macromicetos al crecer

y desarrollarse sobre sustratos que contienen esas macromoléculas producen proteínas, enzimas, etc., con el propósito de satisfacer su propia necesidad de crecimiento y supervivencia. Estos compuestos de manufactura biológica de alto valor pueden ser aprovechados posteriormente. El estudio de estos organismos conduce, por lo tanto, al aprovechamiento eficaz del complejo sistema enzimático que poseen para fines alimenticios, médicos, industriales o ecológicos.

A. Requerimientos nutricionales para el desarrollo de los Macromicetos

Sánchez y Royse (2002), mencionan los siguientes requerimientos:

- **Carbono:** el carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. Dada la importancia que tiene para la vida de la célula, este elemento es el que requiere en mayores cantidades. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc.

- **Polímeros:** la mayoría de los basidiomicetos son considerados "degradadores de madera" porque son capaces de crecer sobre la biomasa proveniente de las plantas leñosas. Las especies de *Pleurotus* son consideradas de pudrición blanca porque son capaces de degradar materiales ricos en lignina, celulosa y hemicelulosa, observaron que el contenido de lignina de rastrojo de algodón fue disminuido por *Pleurotus spp.* en un 70 por ciento en 21 días. Por su parte, Zadrazil citado por Sánchez y Royse, 2002, observó que después de cosechar los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, las cantidades finales de hemicelulosa, celulosa y lignina se reducían en un 80 por ciento y concluyó diciendo que todos los materiales que contengan celulosa y lignina (con excepción de los tóxicos

y metales pesados o los pobres en nitrógeno), pueden ser usados como sustratos para *Pleurotus* spp.

- **Azúcares:** los carbohidratos se encuentran entre las fuentes de carbono preferidas por las especies de *Pleurotus* spp. Según Raypeck (citado por Sánchez y Royse, 2002), la glucosa, manosa y la galactosa son buenos sustratos para esta especie, mientras que la xilosa y la arabinosa producen un crecimiento deficiente.

- **Lípidos:** la adición de aceites vegetales tiene un efecto benéfico para el crecimiento micelial de *P. sapidus* y *P. ostreatus*. Según Kurtzman (citados por Sánchez y Royse, 2002), los productores de la hidrólisis de aceites deprimen el crecimiento, pero la adición de triglicéridos y metil ésteres de ácidos grasos generalmente promueven el crecimiento. El incremento en el crecimiento aumenta conforme aumenta el número de carbonos en los ácidos grasos C₄-C₁₄ y disminuye ligeramente entre C₁₄ y C₁₈. al utilizar ácidos C₁₈, el crecimiento aumenta con el grado de insaturación, siendo el ácido linoléico el mejor ácido de este grupo.

- **Nitrógeno:** Monterroso O, (2007). Indica que los sustratos sobre los que suelen fructificar las especies de *Pleurotus* pueden contener valores bajos de nitrógeno por lo que se ha llegado a pensar que este género es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin que esto haya sido demostrado, si es notorio que la concentración en nitrógeno en el cuerpo fructífero en algunos casos es mayor que la del sustrato sobre el cual crece. Las especies de *Pleurotus* tienen la capacidad de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno, como el nitrato de potasio o la urea, aunque se observa que prefieren las fuentes orgánicas para su crecimiento óptimo.

- **Minerales:** Desde 1943 Treschow (citado por Sánchez y Royse, 2002), al trabajar con *Agaricus bisporus* llegó a la conclusión que tanto este como

otros hongos y levadura son capaces de crecer en ausencia de calcio y que este mineral es requerido en mayores cantidades por sus efectos protectores y antagonistas con respecto de otros minerales como K o Mg. Estudios posteriores han confirmado esta aseveración. Así por ejemplo, Srivastava y Babo (citados por Royse, 2002), obtuvieron los rendimientos más altos para el cultivo líquido de *Pleurotus djamor* cuando usaron concentraciones de 0.22, 0.28, 0.98 y 0.049 mg/l de fósforo, potasio, calcio y magnesio respectivamente. Por su parte, Manu-Tawiah (citado por Sánchez y Royse, 2002), llegaron a la conclusión de que *Pleurotus ostreatus* crece mejor cuando hay KH_2PO_4 presente en el medio y que sus requerimientos en magnesio son tan bajos que pudieron ser suministrados por el sustrato que ellos utilizaron (turba hidrolizada). Por aparte, Kurtzman y Zadrazil citados por Sánchez y Royse, 2002, reportaron que el cloruro de sodio no tiene efecto significativo sobre *Pleurotus ostreatus*, aunque si un muy ligero efecto en el crecimiento de *P. sapidus*.

- **Vitaminas:** Hashimoto y Takahashi (citados por Sánchez y Royse, 2002), indicaron que *Pleurotus ostreatus* requiere tiamina para su crecimiento en una concentración óptima de 100 mgL^{-1} y que cuando tal vitamina está presente, ninguna otra es necesaria. Hong (citado por Sánchez y Royse, 2002), indicó que la concentración de 50 mgL^{-1} provoca un excelente crecimiento tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos y que el ácido indolacético y la citosina causan en esta especie un mejor crecimiento micelial pero que no tienen influencia sobre el rendimiento. Por su parte Jandaik y Kapoor (citado por Sánchez y Royse, 2002), determinaron que para la especie *P. pulmonarius* la tiamina y la biotina son indispensables.

2.3. Descripción de *Pleurotus ostreatus*

A. Hábitat

Suárez (2003), citado por Monterroso (2007), asevera que *Pleurotus ostreatus*, es un hongo que en su ambiente natural, crece en el suelo, troncos o sobre desechos agrícolas o agroindustriales, que están constituidos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina en porcentaje de 40-60, 15-50 y 10-30 respectivamente, alimentándose de estos nutrientes y degradándolos, y donde las condiciones ambientales sean húmedas y frías.

A. Taxonomía

Reino	:	Fungi
Filo	:	Basidiomycota
Subdivisión	:	Basidiomycotina
Clase	:	Homobasidiomycetes
Subclase	:	Agaricomycetidae
Orden	:	Agaricales
Familia	:	Pleurotaceae
Género	:	<i>Pleurotus</i>
Especie	:	<i>Pleurotus ostreatus</i>

Fuente: Venturella (2007)

B. Morfología

Monterroso (2007), menciona que el sombrero o píleo de *Pleurotus ostreatus* es redondeado, con la superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose luego poco a poco. El borde está algo enrollado al principio. Su diámetro oscila entre 5 y 15 cm., dependiendo de la edad del hongo. El color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo, tomando una coloración más amarillenta con el tiempo.

En la parte inferior del sombrero hay unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o "esporadas", de color blanco con cierto tono lila-grisáceo.

El pie o estípote suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Pueden crecer de forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles. La carne es blanca, de olor algo fuerte, tierna al principio y después correosa.

C. Valores nutritivos de *Pleurotus ostreatus*.

Sánchez y Royse (2002), menciona que el valor nutritivo de *Pleurotus ostreatus* ha sido reconocido desde hace mucho tiempo. Sus proteínas, las cuales contienen todos los aminoácidos, son de valor nutritivo más alto que las proteínas de las plantas, con una calidad muy cercana a la proteína animal (Lelley citado por Sánchez, 2002). En adición a su valor como alimento rico en proteína, los hongos contienen carbohidratos poliméricos como el glucógeno y la quitina, y varios glúcidos simples (monosacáridos), como la glucosa, fructosa, galactosa, trealosa y muchos otros. Ellos son ricos en minerales como el potasio, el fósforo y el hierro. Contienen un amplio rango de vitaminas y son particularmente ricos en tiamina (B₁), riboflavina (B₂), así como ácido pantoténico (B₃), ácido ascórbico (C), biotina (H). La riqueza en fibra cruda debe ser igualmente mencionada (Sánchez Vásquez, Royse, 2002). Las setas también tienen propiedades terapéuticas. Por ejemplo, se ha demostrado que el consumo de basidiocarpos de *P. ostreatus*, que contiene varios tipos de estatinas,

que previenen el incremento de colesterol (Bodek, Gunde-Cimerman y Cimerman citados Sánchez y Royse, (2002).

Monterroso (2007), afirma que la especie *Pleurotus ostreatus* tiene un índice nutricional (NI), de 25, el cual es comparable con los valores de NI del frijol, maní y repollo; una razón proteica neta (NPR), de 2.87, comparable con maíz, hojuelas de maíz (CornFlakes), y harina de trigo

Cuadro 1: contenido nutricional de *pleurotus ostreatus*.

Contenido	Cantidad
Proteína cruda	10-30 por ciento
vitamina C	30-144 mg./100 g
Niacina	109 mg./10 g
Ácido fólico	65 mg./100 g
Potasio	306 mg./100 g

Fuente: Monterroso (2007).

2.3.1. Relación c/n en el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*

Mnu-Tawiaj y Martín citados por Sánchez y Royse, 2002, determinaron que la relación óptima para el crecimiento en medio líquido de *P. ostreatus* era 40:1. Por su parte, Hong en 1978, encontró que para la misma especie, una relación de 15.23 permitía una rápida formación de cuerpos fructíferos con bajos rendimientos, que una relación de 11.42 incrementaba los rendimientos pero que disminuía la formación de cuerpos fructíferos y que tomando en cuenta los dos aspectos (rendimiento y velocidad de formación), la relación óptima debía ser 30.46.

2.3.2. Factores ambientales para el desarrollo de *Pleurotus*

Sánchez (1994), menciona que como todo ser vivo, este hongo es susceptible a cambios en la temperatura, humedad, ventilación y luz, entre otros y que son precisamente, los factores ambientales más importantes que se deben considerar y controlar a lo largo del proceso de cultivo de los hongos. Las condiciones varían según la etapa del proceso y según el hongo, por lo que es importante conocer las necesidades específicas de la especie a cultivar. Generalmente, el mantenimiento de estas condiciones para su producción semi o industrial requiere de la construcción de un invernadero.

Para el caso de *Pleurotus ostreatus*, los valores óptimos de estos parámetros se detallan en el Cuadro N° 02

Cuadro 2: Valores óptimos de los factores ambientales que influyen en el crecimiento de Pleurotus ostreatus.

Factor	Crecimiento micelial	Fructificación
Temperatura	25 - 33°C	28°C
Humedad relativa	Baja humedad	85
Humedad del sustrato	70 %	50 %
pH del sustrato	6.0 - 7.0	6.5 - 7.0
Concentración de CO ₂	20 - 25%	Menor de 0.6 %
Luminosidad 25	Oscuridad	150 - 200 Lux

Fuente: Sánchez (1994).

2.3.3. Cultivo de *Pleurotus ostreatus*

A. *Producción de Pleurotus ostreatus.*

Aguilar G. y Marthá E. (2003), menciona que es posible realizar el cultivo de setas por diferentes técnicas, pero en todas ellas lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato húmedo, leñoso, rico en celulosa, al cual se le aplica algún tratamiento térmico (pasteurización y/o fermentación); posteriormente se incubaba manteniéndolo envuelto en plástico; luego se coloca en sitios húmedos y frescos, hasta que se da el desarrollo de los carpóforos (fructificación), y por último, se pasa a la etapa de cosecha.

B. Preparación del inóculo.

Sánchez (1994), menciona que esta etapa se efectúa en condiciones de extremo cuidado en laboratorio. Se refiere a la siembra y propagación del micelio del hongo a partir de un tubo inclinado que contenga la cepa original en buenas condiciones fisiológicas. Se puede partir también tomando micelio del contexto de un carpóforo fresco. La siembra se hace en caja de petri, sobre agar malta, agar papa dextrosa, agar de saboruraud, etc. Se incubaba a 28°C durante 8 días aproximadamente en oscuridad. Al cabo de este período, el hongo se resiembra en un sustrato intermedio (grano de trigo, arroz, sorgo, maíz, etc.), en cantidad suficiente para que una vez desarrollado su micelio, la mezcla grano-hongo se use como semilla en la siembra del sustrato definitivo. Se busca en este caso una colonización rápida y económica que optimice la fructificación del hongo.

La preparación del inóculo incluye los siguientes pasos:

a. Preparación del inóculo "primario"

Aldana (2000), menciona que el grano elegido como sustrato intermedio se limpia, se rehidrata en agua pura limpia (durante 15 horas para el caso del sorgo, o 24 para el maíz), se deja después escurrir para eliminar el exceso de agua, se preparan porciones de 200 gramos y se mete dentro de bolsas de polipapel. Posteriormente se esteriliza a 121°C durante 30 minutos, se deja enfriar para después inocularlo en condiciones de asepsia rigurosa con micelio proveniente de 1 centímetro cuadrado del hongo, que se ha cultivado previamente en caja petri. Una vez inoculadas, las porciones de 200 gramos colocadas dentro de las bolsas de polipapel se incuban durante 10-15 días a 28°C en oscuridad. A cada porción así preparada se le denomina "primario".

b. Preparación de inóculo "secundario".

Aldana (2000), comenta que a partir de un inóculo primario, en el cual el hongo debió haberse desarrollado satisfactoriamente, se pueden tomar estérilmente 8-10 porciones de grano para ser sembrados en el mismo número de bolsas que contengan el sustrato intermedio estéril. Esta nueva porción se incuban a las mismas condiciones que al inóculo primario, una vez crecido el hongo, a estos segundos paquetes de grano-hongo se les denomina inóculo "secundario". La utilización de secundarios como semilla para la siembra en el sustrato definitivo es ampliamente recomendada porque se disminuye el consumo de agar y medios sintéticos, la propagación del hongo en el inóculo secundario es más rápida en razón de estar ya adaptado al grano, se puede inocular mayor cantidad de porciones y porque la transferencia de inóculo primario a secundario es más sencilla y menos delicada que la transferencia de caja de Petri a inóculo primario. No se recomienda preparar inóculo terciario.

Es de hacer notar que antiguamente se utilizaban frascos de vidrio para la preparación de inóculo primario y secundario; sin embargo estos frascos han sido substituidos exitosamente por bolsas de polipapel, las que con ciertos cuidados, soportan muy bien las condiciones de esterilización y evitan los riesgos y problemas de manipulación y volumen que presentan los frascos de vidrio.

C. Preparación del sustrato

Ramírez (2004), realizó su investigación del mismo modo que el agricultor antes de la siembra de las semillas prepara el suelo por medio de barbecho, abonado y fertilización, con la finalidad de proporcionar las condiciones adecuadas para la siembra, es necesario que el sustrato que se empleará para el cultivo de los hongos esté acondicionado para el desarrollo del hongo, en este caso del micelio y la obtención de fructificaciones.

La preparación del sustrato consistirá en facilitarle al micelio los nutrimentos en forma más accesible para que se realice un rápido crecimiento del hongo. La forma de preparación del sustrato dependerá principalmente de su estructura y composición química.

Sánchez (1994), aclara que esta parte comprende la fermentación (en el caso de la pulpa de café, del bagazo de caña), el picado (en el caso de pajas), el secado y la facturación o quiebra (en el caso de la cáscara de cacao o el olote de maíz), la hidratación y escurrimiento, la pasteurización y finalmente el enfriamiento y (si se trata de una mezcla) el mezclado de los materiales que servirán como soporte para el crecimiento y fructificación del hongo, Los acondicionamientos más comúnmente empleados son los siguientes:

- **Fermentación:** Sánchez (1994), recomienda únicamente para aquellos materiales que poseen una gran cantidad de azúcares solubles, que si no son eliminados promueven el crecimiento rápido de mohos, levaduras y bacterias, los cuales competirán con el micelio por el sustrato, desplazándolo fácilmente. Por otro lado, cuando no se eliminan estos carbohidratos y se realiza la inoculación del micelio, estas moléculas se transforman en ácidos, como el acético, butírico o propiónico y actúan como atractivos para insectos, principalmente de distintos tipos de moscas, las cuales depositan sus huevos sobre el sustrato y sus larvas producidas ("gusanos") se alimentarán del micelio, provocando fuertes problemas de contaminación

Los sustratos usados para el cultivo de *Pleurotus*, como las pajas, fibra de algodón, rastrojos, olote de maíz, etc., tienen la ventaja de que se les separa fácilmente la celulosa y la lignina, sin necesidad de fermentarlos (Rojas 2004).

- **Hidratación:** Rojas (2004), uso sustratos secos, como pajas, rastrojos, desechos de algodón, papel, aserrín, pulpa de café deshidratados, etc. En caso de que presenten segmentos muy grandes o largos, como en las pajas, es necesario reducir su tamaño a segmentos de aproximadamente 3 a 5 centímetros con lo cual permite una mejor retención de humedad y un fácil manejo del sustrato. La fragmentación puede realizarse fácilmente con una picadora comercial usada en la agricultura. Para hidratar el sustrato puede seguirse varios métodos, como los que a continuación se señalan:

- Remojo en agua. El sustrato se coloca en un canasto de malla metálica de 50 x 80 cm. y se sumerge por espacio de 20 horas, al término de las cuales habrá absorbido suficiente agua para tener cerca del 70 por ciento de humedad. Esto es recomendable hacerlo con las pajas y rastrojos. Para ello se puede emplear toneles

metálicos de 200 litros de capacidad, en donde se sumergen los canastos.

- Adición de agua y formación de pilas. Este método es semejante al de la fermentación, únicamente que el sustrato no se deja fermentar. El sustrato se coloca en el piso del área de preparación, se extiende y se aplica agua hasta cerca del 80 por ciento. Se cubre con plástico y se deja por una noche. Al otro día estará listo para la pasteurización.
- Compactación. Se emplea para sustrato que tienen muy poca retención de humedad y son difíciles de hidratar, como es el caso del desecho de algodón, papel, cartón, estopa de coco, aserrín, etc. Para efectuar este método se coloca el sustrato en un cajón de aproximadamente 2 x 2 x 1 metros. Se aplica agua uniformemente y se presiona severamente con los pies, con la finalidad de ir empujando y compactando el sustrato. Se coloca posteriormente otra porción del sustrato encima del anterior y se repite el proceso. Como en el caso de la fermentación, es necesario realizar un volteo a la pila al segundo día. El sustrato se hidrata en un promedio de 3 a 5 días y se obtiene un 70 a 75 por ciento de humedad.

- **Pasteurización:** Rojas (2004), elimina parcialmente los microorganismos presentes en el sustrato, tales como bacterias, mohos y levaduras. Se estima que cada gramo de sustrato posee cerca de 100,000 organismos, los cuales si no se eliminan, tendrán una ventaja competitiva con el micelio del hongo que se cultivara.

Monterroso (2007), sumerge el sustrato debidamente embolsado (sacos de tela) en un recipiente con agua caliente a una temperatura de 90 a 100°C, durante una hora.

Ramírez (2004), hace mención que con temperaturas superiores se corre el riesgo de modificar la composición química del material, limitando un aprovechamiento eficaz de las fuentes de carbono por el micelio del hongo. Además, los azúcares disueltos en el medio se hacen accesibles a otros microorganismos contaminantes, que los pueden consumir con mayor facilidad y rapidez. De igual forma se recomienda no repetir la operación más de tres veces en la misma agua, debido a que la concentración de dichos compuestos se vuelve tóxica para el crecimiento del micelio del hongo.

D. Siembra e incubación.

Aldana (2000), menciona que la etapa de siembra e incubación se refiere al momento de inocular el sustrato con el hongo y al período de espera o reposo que se debe dar al sustrato inoculado para permitir el adecuado desarrollo del micelio. La siembra se realiza agregando y distribuyendo en capas alternas los 200 gramos de un "secundario" en 4-7 Kg de sustrato. El sustrato debe estar debidamente pasteurizado y enfriado a temperatura ambiente. La mezcla sustrato-secundario se acomoda dentro de una bolsa de polietileno (se recomienda los tamaños de 40X60, 50X60, 40X50 y 50X70 cm.). Al terminar la siembra, la bolsa se cierra por medio de un nudo teniendo cuidado de eliminar el aire del interior.

El enfriado del sustrato de la siembra se realiza con estricto cuidado asepsia para evitar las contaminaciones. La incubación de las bolsas ya inoculadas se realiza en un local especial para tal fin: "la sala de incubación", donde se colocan los pasteles a 28°C durante 10-15 días, según el sustrato. Durante la incubación, dos días después de haber efectuado la siembra, se hacen unas 80 perforaciones perfectamente distribuidas sobre toda la superficie de cada bolsa de polietileno que se ha sembrado. Esto es para permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo.

Existe también otra forma de siembra denominada método alemán o de "chorizos" (Chang y Hayes citados por Sánchez, 1994). El método de chorizos varía del método tradicional de bolsas de plástico por la forma de acomodar la mezcla sustrato-inóculo. En este caso se requiere de algunos aditamentos simples, como son un bastidor de fierro, un tubo de cloruro de polivinilo (pvc) con agujeros perfectamente distribuidos sobre su superficie, rollo de papel polietileno de 30 cm. de ancho, tela o cedazo y ligas. Para el acomodo del sustrato ya inoculado se coloca primeramente el tubo de pvc en el bastidor de fierro y se amarra a su alrededor el extremo de un pedazo de plástico de 30X80 cm. Se acomoda este plástico de manera que forme un cilindro que tenga por eje el tubo de pvc, y se introduce poco a poco el sustrato, hasta que quede un rollo de 30-35 cm de diámetro con aproximadamente 20-25 Kg de sustrato ya inoculado.

Una vez realizada esta operación, los rollos o chorizos pueden ser apilados en el suelo o acomodados higiénicamente en cualquier parte limpia y oscura por espacio de 2 días, al cabo de los cuales se quita el plástico que protege los extremos del tubo de pvc. A los 10-15 días, cuando aparecen los primordios se retira el plástico que envuelve cada chorizo y se cuelgan estos verticalmente en la sala de fructificación. Las condiciones de incubación son exactamente las mismas que el caso anterior con bolsas.

E. Fructificación y cosecha

Sánchez (1994), menciona que después de la incubación, cuando ya ha crecido bien el micelio y ha formado una superficie blanco-algodonosa que cubre totalmente el sustrato, es el momento de eliminar la bolsa de polietileno y pasar la masa hongo-sustrato formada a la sala de fructificación.

La sala de fructificación debe ser un área amplia, dedicada exclusivamente al fructificación del hongo. Ahí se deben mantener

condiciones controladas de humedad, tanto del sustrato como del aire, de ventilación, de temperatura, así como de iluminación. Para el caso de *Pleurotus ostreatus* se requiere de las siguientes condiciones:

La ventilación tiene como objetivo eliminar el CO₂ generado por la respiración del hongo y renovarlo por aire puro. Una ventilación insuficiente propicia la acumulación de CO₂ y el exceso de ventilación produce el desecamiento del sustrato. Una acumulación, aun baja, de CO₂ puede inhibir el desarrollo de los cuerpos fructíferos o propiciar el crecimiento deforme de éstos. Se recomienda mantener una ventilación en el cuarto de fructificación de tal manera que el volumen de aire en dicho cuarto sea renovado de 4 a 6 veces cada hora. Este dato permite calcular la capacidad del extractor que debe ser usado.

Cuadro 3: Condiciones ambientales óptimas para la fructificación de P. ostreatus.

Humedad del sustrato	50%
pH del sustrato	6.5-7.0
Humedad relativa	85-90%
Temperatura	26-28°C
Luz	suficiente para leer
Ventilación	4-6 veces el volumen de la sala/h

Fuente: Sánchez (1994).

Sánchez (1994), aclara que otro aspecto importante es el riego. Generalmente, aunque sea sólo en algunas horas del día, es necesario aplicar riegos en el cuarto de fructificación para aumentar la humedad y evitar el desecamiento del sustrato. Los riegos deben hacerse de preferencia por medio de pulverización hacia el ambiente. También se puede efectuar riegos directos hacia el sustrato, sin embargo en chorro de agua debe ser suave para no dañar los cuerpos fructíferos. Es siempre recomendable guiarse por un higrómetro o por un higrómetrografo para

saber cuándo es necesario regar. Una humedad inferior al 80 por ciento fue negativa para la formación de los carpóforos.

Dos días después de haber llevado los pasteles a la sala de fructificación y de haber eliminado la bolsa de polietileno, empiezan a aparecer los primordios, es decir, los primeros cuerpos fructíferos. Cuatro días después, los primordios se han desarrollado bien, cubren la totalidad de la superficie del pastel y estarán en madurez comercial, listos para ser cosechados.

Para cosechar se debe esperar a que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, sin permitir que el borde del píleo comience a enrizarse hacia arriba. La cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato.

2.3.4. Contaminaciones, enfermedades y plagas

A. Contaminaciones.

Sánchez (1994), aclara que las contaminaciones son el resultado de una mala pasteurización o de deficiencias en el manejo o en la siembra del material en proceso. Durante la incubación son muy frecuentes las contaminaciones, que pueden deberse a deficiencias en la limpieza de los locales de incubación o a orificios por donde pueden entrar el aire y sus microbios, los insectos y otros animales.

Las contaminaciones disminuyen notablemente si se pone un esmerado empeño en trabajar condiciones de asepsia rigurosa y se verifica que los tratamientos de esterilización del grano para inóculo y la pasteurización del sustrato sean efectuados rigurosamente. Los cuartos de incubación, siembra y fructificación deben ser frecuentemente lavados, limpiados, desinfectados con cloro, alcohol, etc. Para este fin se debe

diseñar un programa de limpieza y asepsia que permita prevenir las contaminaciones. También el personal que está en contacto directo con el material en proceso debe observar condiciones de limpieza y pulcritud inobjetable. El uso de uniformes limpios, al menos durante la siembra y el picado de bolsas, así como tapabocas y gorros para cubrir el cabello son aconsejables.

B. Enfermedades.

Aldana (2000), menciona que pueden considerarse dos tipos de enfermedades: las bióticas que son causadas por bacterias, micoplasmas o virus y las abióticas que son las causadas por falta de nutrientes específicos para el desarrollo de los hongos o por las variaciones ambientales del entorno donde se cultiva el hongo. Las enfermedades bióticas no son comunes en los hongos, o al menos no han sido reportadas como importantes desde el punto de vista económico para el cultivo.

En este sentido los principales se presentan por efecto de una deficiencia en ventilación, lo cual influye directamente en la concentración de CO₂ en variaciones en la humedad relativa o en los efectos del exceso o falta de luminosidad. El exceso de CO₂ en la atmósfera que rodea al hongo produce que éstos desarrollen estípites más largos. La falta de humedad, además de reducir el rendimiento, afecta el desarrollo de los carpóforos, los cuales pueden presentar deformaciones. La iluminación produce variaciones en la pigmentación de los carpóforos. Cuando la humedad es excesiva, de tal manera que moja demasiado los cuerpos fructíferos, estos presentan un aspecto blando, aguado y amarillento.

C. Plagas

Aldana (2000), comenta que existen varios entomopatógenos asociados al cultivo de *Pleurotus*; la mejor manera de evitar daños de este

tipo es aislando los cuadros de incubación y fructificación del exterior. Esto es fácil de realizar y aun benéfico para los hongos en los casos de las salas de incubación (del inóculo y del sustrato), ya que el hongo crece bien en la oscuridad, y a temperaturas relativamente altas; sin embargo, para el caso de la sala de fructificación, esto es más difícil porque el hongo requiere de ventilación abundante, lo que hace extremadamente difícil mantener un lugar libre de insectos y otros animales como hormigas, cucarachas y aun roedores, sobre todo si el lugar de producción se encuentra en el área rural.

Cuando el cultivo de hongos es a la intemperie, el número de plagas que entran en contacto con los hongos es mayor. En este caso se puede observar, incluso, la presencia de pájaros. Entre mayor sea el número de pasteles en período de fructificación mayor fue el número de insectos que se presentarán.

La entomofauna observada durante el cultivo de *Pleurotus* pertenece a las familias que se menciona a continuación: plaga durante el cultivo de *Pleurotus*.

Cuadro 4: Familias de insectos

ORDEN	FAMILIA
Coleoptera	Staphylinidae
Coleoptera	Chrysomelidae
Coleoptera	Tenebrionidae
Coleoptera	Endomychidae
Diptera	Mycetophilidae
Diptera	Stratiomyidae
Diptera	Drosophylidae

Fuente: Sánchez (1994).

Aldana (2000), observo algunas especies de lepidópteros en su fase larval aun no identificados. Algunos de estos insectos pueden reducir el

rendimiento o la calidad de los hongos, ya que suelen alimentarse de las esporas, de las láminas o inclusive del contexto mismo del hongo, al cual perforan y le hacen túneles y galerías. También pueden ser agentes de contaminación de otros hongos y bacterias. Algunos insectos depositan sus huevecillos en la madera de los anaqueles. Al eclosionar, las larvas se introducen al sustrato, sobre todo durante la incubación, después de haber perforado las bolsas. Las larvas se comen entonces el sustrato, el hongo y contaminan con otros hongos el pastel.

Aldana (2000), menciona que en estos casos es necesaria la limpieza constante de anaqueles y paredes con jabón y cloro para matar huevecillos y larvas. Para el control de estas plagas e insectos asociados, se recomienda el aislamiento de los locales y la colocación de trampas. Dos trampas que funcionan muy bien son:

- 1) tiras de polietileno untada de aceite comestible y colocado a través de los estantes
- 2) recipientes plásticos o de vidrio con un líquido atrayente como cerveza o miel de cacao, a la cual se le pone en la boca un embudo con el orificio pequeño, de tal manera que el insecto pueda entrar pero no salir. Existen trampas comerciales para insectos voladores. Otra forma adecuada resulta mezclar insecticidas con alimento atrayente. Es posible usar los insecticidas para uso ambiental y como un último recurso las fumigaciones con piretroides, un remedio muy eficaz es el uso de aspersiones de infusión de raíz de flor de muerto, también conocida como cempasúchil (flor de muerto) *Tagetes erecta*.

2.3.5. Indicadores de producción

Sánchez (1994), comenta que los indicadores de producción son los parámetros que permiten medir los rendimientos de una cosecha de hongos. Los rendimientos de *Pleurotus*, son estimados en un promedio de

rango de 10 a 200 kilos del hongo por tonelada de sustrato preparado y húmedo, rendimiento que se tiene en aproximadamente 7 a 9 semanas. La producción puede escalonarse a lo largo del año teniendo en cuenta que el ciclo total del cultivo se supone entre 2 y 4 meses repartidos así:

- De 15 a 30 días de incubación y crecimiento del micelio.
- De 15 a 20 días en la zona de cultivo.
- De 45 a 60 días de cosecha.

A. Eficiencia biológica

Lazo (2001), afirma que la productividad de un cultivo de hongos es definido por el termino eficiencia biológica (EB) en una unidad de tiempo (t). La eficiencia biológica es definida por el peso de hongos frescos producidos por unidad de peso del sustrato seco y expresada en porcentaje (PR). Se han utilizado diferentes unidades de tiempo que pueden usarse en el cálculo del PR. El grado de producción puede representarse por la expresión matemática siguiente $PR = (\% EB)/t$. La eficiencia biológica (EB) consiste en la producción de cuerpos fructíferos, es decir, la bioconversión de la energía y biodegradación del sustrato. EB, se expresa en porcentaje y es la relación entre el peso de la cosecha de hongos frescos y el peso seco del sustrato.

$$EB = \frac{\text{Peso de hongos frescos (gramos)}}{\text{Peso de sustrato seco (gramos)}} \times 100.$$

Lazo (2001), refiere que existen otros términos y formas de evaluar la producción, como: Producción promedio de una cepa en sustrato (P), rendimiento de una cepa en un sustrato (R) y eficiencia de sustrato por una cepa (biodegradación), De los términos anteriores, el más utilizado es la eficiencia biológica, debido a la utilización universal. La EB depende

básicamente del tipo de sustrato a utilizar; en el caso de *Pleurotus ostreatus*, una no menor del 100 por ciento es considerada adecuada.

B. Biodegradación del sustrato por una cepa

La biodegradación (Bd) mide el porcentaje de la pérdida de peso del sustrato en base seca. Se expresa de la siguiente fórmula:

$$Bd = \frac{\text{gramos de sustrato seco inicial} - \text{gramos de sustrato seco final}}{\text{gramos de sustrato seco inicial}} \times 100$$

Monterroso (2007), expresa la importancia del cálculo de la biodegradación del sustrato por una cepa es que provee, a grandes rasgos y sin requerir de un análisis profundo, de una idea general de la facilidad que tendrán las plantas de absorber los nutrientes contenidos en los sustratos, después de que fueron usados por estos hongos lignocelulósicos para su desarrollo y fructificación, los cuales, eliminaron en gran medida, lignina y celulosa de la cual se alimentaron.

2.3.6. Sustratos para la producción de *Pleurotus*

Lazo (2001), afirma que el sustrato es el material (comúnmente de desecho de subproductos de la agroindustria), sobre el cual crece el micelio del hongo. Las propiedades físico-químicas del sustrato determinan que hongos pueden crecer en él, pero también determinan que otros microbios pueden crecer conjuntamente con el hongo. Algunos hongos pueden usar un rango amplio de sustratos, mientras que otros son muy selectivos. Esta selectividad hacia un sustrato depende de los nutrientes disponibles en él, su acidez, la actividad microbiana que soporta, su capacidad de aireación, su contenido de agua, entre otros. Un sustrato selectivo es aquel que satisface las demandas nutricionales de un tipo de hongo específico y no

satisface la de otros. Las pajas de gramíneas son un buen ejemplo de sustrato selectivo.

El sustrato que se utilice para producir los cuerpos fructíferos debe ser un material cuyo costo sea mínimo y que, de acuerdo a la localidad en que se está cultivando hongos, no provoque mayores costos de transporte, debe haber gran disponibilidad en la región de influencia, aun cuando no sea constante. La elección del sustrato ha sido y será siempre uno de los factores decisivos para la optimización del cultivo de hongos.

Para la preparación del inóculo

Lazo (2001), afirma que para la preparación del inóculo se utiliza generalmente como sustrato un grano que permita un crecimiento rápido del hongo y que de facilidad para distribuirlo en el sustrato definitivo, cuando haya colonizado bien, al momento de la siembra en éste. No se debe utilizar los granos que se expenden comercialmente para siembra en el campo, ya que generalmente están protegidos con fungicidas. Para utilizar el grano se requiere únicamente lavarlo y limpiarlo, sumergirlo en agua por unas horas y esterilizarlo a 121°C durante 30 minutos antes de la inoculación.

2.3.7. Generalidades del sustrato.

Sánchez (2002), afirma que un sustrato es conveniente para el crecimiento de un hongo, si contiene todos los requerimientos nutritivos en cantidad suficiente para que este sintetice sus metabolitos y tome de él la energía que requiere.

Las especies de *Pleurotus spp.* Crecen de manera aceptable en diversos sustratos lignocelulosicos, por lo que pudiera pensarse que una cepa dada crecerá bien en cualquier sustrato posible. Esto no es cierto;

existe una interrelación cepa-sustrato que debe de respetarse para obtener rendimientos óptimos por lo que una vez que se ha definido los componentes óptimos del sustrato, debe de evitarse cambios, a menos que se haya investigado previamente.

2.3.8. Sustrato a utilizar

2.3.8.1. Rastrojo de Maíz

2.3.8.1. Composición

García (2000), hace mención que el cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual se cosecha apenas cerca del 50% en forma de grano. El resto, corresponde a diversas estructuras de la planta tales como caña, hoja, limbos y mazorca entre otros.

Cuadro 5: Composición nutricional del rastrojo de maíz

COMPONENTE NUTRICIONAL	RASTRO
Fibra Cruda	29.0 %
Proteína	5.0
Grasa	1.1
Cenizas	6.0

Fuente: García A. (2000)

Mata *et. al.* (1998), indica la producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano (cañas, hojas, chalas y mazorcas), fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas) varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea. La proporción entre los componentes del residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y tipo de cultivar.

Cuadro 6: Porcentaje del peso de rastrojo de maíz según estructura:

Estructura	Porcentaje
Panoja	12.0 %
Tallos	17.6 %
Chalas	8.9 %
Total caña	38.5 %
Mazorca	11.8 %
Grano	49.7 %

Fuente: Lee (1990)

Mata *et. al.* (1998), dice la pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosa que de celulosa. El bajo porcentaje de lignina en los restos de la planta del maíz lo hace más digestible que las pajas de cereales, siendo a su vez, más rico en azúcares solubles. Por estas razones, este residuo presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1.69 y 2.1 cal/kg. de materia seca.

Debido a que la fibra de la caña de maíz es muy larga, es necesario picarla para mejorar la tasa de degradación y el crecimiento micelial del hongo.

2.3.8.2. Bagazo de Caña

Díaz (2008), menciona que el Bagazo de caña se produce como consecuencia de la fabricación de azúcar y constituye un subproducto de esta producción. Es un combustible natural para producir vapor en las fábricas azucareras. Es un material fibroso, heterogéneo en cuanto a su composición granulométrica y estructural, que presenta relativamente baja densidad y un alto contenido de humedad, en las condiciones en que se obtiene del proceso de molienda de la caña.

2.3.8.2.1. Composición

Cuando el bagazo sale del molino posee aproximadamente la siguiente composición:

- Humedad (50%)
- Sólidos solubles (5%)
- Sólidos insolubles o fibra cruda (45%)

Además su composición química es la siguiente:

- Carbono: 47 %
- Hidrógeno: 6,5 %
- Oxígeno: 44 %
- Cenizas: 2,5 %

2.3.8.2.2. Constitución

De forma general, el bagazo está constituido por:

- Holocelulosa (75%)
 - o Celulosa (50%)
 - Celulosa Alfa (37%)
 - Celulosas Beta y Ganma (13%)
 - o Hemicelulosa (25%)
- Lignina (20%)
- Otros componentes (5%)

2.3.8.2.3. Estructura

El bagazo de caña consta de dos partes fundamentales:

- **La fibra:** Fibras relativamente largas, derivadas principalmente de la corteza y otros haces de fibra del interior del tallo.
- **El meollo:** Se deriva del *parénquima*, parte de la planta donde se almacena el jugo que contiene el azúcar.

La longitud media de las fibras del bagazo es de 1 a 4 milímetros y su ancho varía entre 0.01 y 0.04 milímetros.

Cuadro 7: Composición nutricional de bagazo de caña.

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	50
NDT	%	00
Energía digestible	Mcal/kg	00
Energía metabolizable	Mcal/kg	0.5
Proteína (TCO)	%	0.75
Calcio (TCO)	%	0.02
Fósforo total (TCO)	%	0.01
Grasa (TCO)	%	00
Ceniza (TCO)	%	00
Fibra (TCO)	%	22

Fuente: Díaz (2008)

2.3.8.3. Cascarilla de Café.

Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) (1978) Menciona que para la preparación de los abonos orgánicos fermentados, la cascarilla del café o pergamino, se constituye en una excelente fuente de celulosa, lignina, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción.

Figueroa y Mendoza (2010), afirman que el pergamino deshidratado del café presenta en promedio 3.7 % de cenizas, 5.9% de proteína. 68.5% de fibra.

Armas *et. al.* (2008), comentan que la cascarilla está presente en el café pergamino y se separa de la semilla del café se efectúa en la trilla. El pergamino representa el 7% del fruto de café. Su principal característica es

el poder calorífico de este material, el cual aporta 4200 kilocalorías por kilogramo de peso y por sus características físicas y químicas constituye un excelente combustible para ser utilizado en los hornos de las máquinas de secado de café. De los subproductos anteriormente descritos, la pulpa y el mucilago constituyen aproximadamente el 56% del peso del fruto de café, además son los principales responsables de la contaminación ambiental. Tanto la pulpa como el mucilago poseen un alto contenido de agua y azúcares, lo cual genera procesos acelerados de fermentación, provocando malos olores y proliferación de dípteros.

Cuadro 8: Composición química de la cascarilla de café

Compuesto	Porcentaje
Extracto etéreo	0.40
Proteínas totales	1.50
Celulosa bruta	50.20
Hemicelulosa	11.60
Azúcares	21.30
Pentosanos	26.00
Cenizas	1.00

Fuente: Bressani (1978)

2.3.8.4. Viruta

Vasquez y Rojas (2004), afirma que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante tiene variadas aplicaciones.

INRENA (2014), las especies de árboles maderables que se usan en las carpinterías de nuestra Provincia de La Convención son:

- Caoba (*Swietenia macrophylla*).
- Cedro (*Cedrela odorata*).
- Copaiba (*Copiafera paupera*)
- Anacaspi (*Apuleia molaris*).
- Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*).
- Congona Machinga (*Brosimum alicastrum*)
- Cumala (*Viola albidiflora*)
- Chamisa (*Terminalia oblonga*)
- Malecón (*Simarouba amara*)
- Pashaco Amarillo (*Parkia pendula*)

2.3.8.5. Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*)

Es una gramínea macollosa que puede llegar a medir 3 metros de altura, las hojas pueden medir 70 cm de largo por 3 de ancho y presentan superficie y bordes rugosos. La inflorescencia es en forma de panícula cilíndrica, larga y pubescente.

En zonas altas el corte se puede realizar cada 120 días, pero en zonas bajas cada 45 días.

2.3.8.5.1. Valor nutritivo

Se muestra a continuación la Composición nutricional del Pasto elefante (a los 60 días) según Arias (2002),

Materia seca (%)	20,00
NDT (%)	11,00
Energía digestible (Mcal/kg)	0,48
Energía metabolizable (Mcal/kg)	0,40
Proteína -TCO (%)	1,80
Calcio -TCO (%)	0,06
Fósforo total -TCO (%)	0,05
Grasa -TCO (%)	0,40
Ceniza -TCO (%)	2,80
Fibra -TCO (%)	6,20

2.3.8.6. Pasto Braquiaria (*Brachiaria decumbens*)

INIAP 1989 –1991, se trata de un cultivo adaptado a condiciones tropicales calientes y húmedas, donde las precipitaciones pluviales sobrepasan los 1,000 mm. Se adapta bien a suelos ácidos e infértiles, sin embargo, posee gran potencial de respuesta con mejoras del nivel de fertilidad del suelo. Tiene la capacidad de formar pastizales que toleran el pisoteo y pasteo intenso y continuo. El pasto braquiaria contiene una gran cantidad de fibra por lo cual lo hace un sustrato adecuado para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 9: Composición química de pasto Braquiaria

Composición química	Cantidad %
Proteína cruda	5.89
Grasa	1.98
Fibra cruda	32.96
Extracto no nitrogenado	51.14
Humedad	55.25
Digeribilidad	
Proteína cruda	41.40
grasa	52.59
Fibra cruda	59.78
Extracto no nitrogenado	51.21
Valor nutritivo	
Proteína cruda digestible	2.44
NDT	54.04
RN	1:21.2

Fuente: Arias y Hernández (2002).

2.3.9. Factores que afectan el crecimiento y la fructificación de *Pleurotus. spp.*

El desarrollo de los hongos se ve afectado por varios factores. A continuación se comentan los más importantes:

A. La temperatura

La temperatura afecta el metabolismo de las células. Influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. La susceptibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Así, es posible y aun frecuente que un hongo tenga una temperatura óptima

de germinación y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de su temperatura óptima de fructificación.

Sánchez (1994), comenta que es un género de hongo cuyo micelio puede crecer en un rango amplio de temperaturas. Zadrazil (citado por Sánchez, 1994), reportó que las especies *P. ostreatus*, crecían en un rango entre 0 y 35°C con temperaturas óptimas de 30°C. Este mismo autor demostró que estas especies podían soportar 40°C durante 24 horas (pero no 72 h), y después reiniciar su crecimiento. Por regla general, las temperaturas óptimas para la fructificación de las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial.

B. El pH.

Sánchez (1994), menciona que el potencial de hidrógeno del medio de cultivo donde crece un hongo tiene una influencia directa sobre éste, porque incide sobre el carácter iónico del medio e influye directamente sobre las proteínas de la membrana y sobre la actividad de las enzimas ligadas a la pared celular; es decir, afecta directamente su metabolismo

Si el pH del sustrato donde crece un hongo no es el adecuado, aunque las condiciones de temperatura y nutrientes sean óptimos, el crecimiento se verá afectado. Por otra parte, el valor del pH del medio es alterado por el crecimiento del hongo, por ejemplo, Rajarathnam y Bano (citados por Sánchez, 1994), comentan que las fuentes de nitrógeno producen cambios importantes en el valor del pH del medio, de tal manera que las sales de amonio ocasionan que el medio en el que crece una cepa de *Pleurotus* que degrada amonio se acidifique y que las sales de nitrato lo vuelvan alcalino. Para el crecimiento de *Pleurotus* se han citado rangos de crecimiento entre 4 y 7 de pH. Con un óptimo entre 5 y 6. Este valor sin embargo suele variar entre cepas y especies. Así, Zadrazil (citado por

Sánchez, 1994), cita que los sustratos ácidos (pH 4), inhiben el desarrollo de *P. ostreatus* y *P. eryngii* y que estos hongos encuentran un pH óptimo en un rango entre 5.5 y 6.5.

Dado que la mayoría de los contaminantes que se encuentran durante el proceso de cultivo son más sensibles a los valores altos de pH que las especies de *Pleurotus*, actualmente al preparar el sustrato se prefieren valores más elevados que los señalados como óptimos. Esto deriva de los resultados obtenidos por diversos investigadores, entre ellos Stolzer y Grabbe (citados por Sánchez, 1994), por ejemplo, quienes demostraron que *Trichoderma hamatum* reduce notablemente su crecimiento a pH 7 y es totalmente inhibida a pH 8.5.

C. El sustrato

Sánchez (1994), menciona que un sustrato es conveniente para el crecimiento de un hongo, si contiene todos los nutritivos en cantidad suficiente para que éste sintetice sus metabolitos y tome de él requiere.

a. Carbono

Sánchez (1994), menciona que el carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. Dada la importancia que tiene para la vida de la célula, este elemento es el que requiere en mayores cantidades. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc.

Polímeros: Sánchez (1994), dice que la mayoría de los basidiomicetos son considerados "degradadores de madera" porque son capaces de crecer sobre la biomasa proveniente de las plantas leñosas.

Las especies de *Pleurotus* son consideradas de pudrición blanca porque son capaces de degradar materiales ricos en lignina, celulosa y hemicelulosa. Zadrazil (citado por Sánchez, 1994), observó que después de cosechar los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, las cantidades finales de hemicelulosa, celulosa y lignina se reducían en un 80 por ciento y concluyó diciendo que todos los materiales que contengan celulosa y lignina, con excepción de los tóxicos y con metales pesados y los pobres en nitrógeno, pueden ser usados como sustratos para *Pleurotus* spp.

Azúcares: Sánchez (1994), confirma que los carbohidratos se encuentran entre las fuentes de carbono preferidas por las especies de *Pleurotus*. Según Raypeck (citado por Sánchez, 1994), La glucosa, la manosa y la galactosa son buenos sustratos para esta especie, mientras que la xilosa y la arabinosa producen un crecimiento deficiente.

Lípidos: Sánchez (1994), confirma que la adición de aceites vegetales tiene un efecto benéfico para el crecimiento micelial de *P. ostreatus*. Según Kurtzman (citado por Sánchez, 1994), los productos de la hidrólisis de aceites (glicerol, ácidos grasos y saponinas), deprimen el crecimiento, pero la adición de triglicéridos y metil ésteres de ácidos grasos generalmente promueven el crecimiento. El incremento en el crecimiento aumenta conforme aumenta el número de carbonos en los ácidos grasos C4-C14 y disminuye ligeramente entre C14 y C18. Al utilizar ácidos C18, el crecimiento aumenta con el grado de insaturación, siendo el ácido linoléico el mejor ácido de este grupo.

b. Nitrógeno

Sánchez (1994), indica que los sustratos sobre los que suelen fructificar las especies de *Pleurotus* pueden contener valores bajos de nitrógeno por lo que se ha llegado a pensar que este género es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin que esto haya sido demostrado, sí es notorio

que la concentración en nitrógeno en el cuerpo fructífero en algunos casos es mayor que la del sustrato sobre el cual crece. Las especies de *Pleurotus* tienen la capacidad de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno, como el nitrato de potasio o la urea, aunque se observa que prefieren las fuentes orgánicas para un crecimiento óptimo.

Sánchez (1994), indica que la afinidad por las fuentes de suministro de nitrógeno varía entre las diferentes especies de este género, pero además varía para una cepa determinada según el sustrato sobre el que esta crece; por ejemplo, Manu-Tawiah y Martin (citados por Sánchez, 1994), encontraron que *P. ostreatus* alcanzaba un máximo rendimiento (60 por ciento), en cultivo líquido cuando usaron un hidrolizado de turba suplementado con extracto de levadura, sin embargo cuando utilizaron un medio sintético, la mejor fuente de nitrógeno fue el citrato de amonio (64 por ciento).

Es importante hacer notar que según el metabolismo de cada especie, y en función de la fuente de nitrógeno, el pH del sustrato puede variar durante el crecimiento del hongo, hasta hacerlo poco o nada propicio. Bajo estas circunstancias, un sustrato puede parecer inadecuado para el crecimiento, cuando en realidad es por consecuencia del pH del medio. Esto generalmente se presenta cuando un hongo crece en sales de amonio de un ácido inorgánico, ya que el medio se vuelve rápidamente ácido y puede alcanzar valores de 3 e inferiores. (Srivastava y Bano, Manu-Tawiah y Martin citados por Sánchez, 1994).

c. Relación C/N

Sánchez (1994), cita a Manu-Tawiah y Martin, determinaron que la relación óptima para el crecimiento en medio líquido de *P. ostreatus* era 40:1. Por su parte, Hong en 1978, encontró que para la misma especie, una relación de 15:23 permitía una rápida formación de cuerpos fructíferos

con bajos rendimientos, que una relación de 11:42 incrementaba los rendimientos pero que disminuía la formación de cuerpos fructíferos y que tomando en cuenta los dos aspectos (rendimiento y velocidad de formación), la relación óptima debía ser 30:46.

d. Minerales

Desde 1943 Treschow (citado por Sánchez, 1994), indica que al trabajar con *Agaricus bisporus* llegó a la conclusión de que tanto éste como otros hongos y levadura no son capaces de crecer en ausencia de calcio y que este mineral es requerido en mayores cantidades por sus efectos protectores y antagonistas con respecto de otros minerales como K o Mg. Estudios posteriores han confirmado esta aseveración. Por su parte, Manu-Tawiah y Martin (citados por Sánchez, 1994), llegaron a la conclusión de que *P. ostreatus* crece mejor cuando hay KH_2PO_4 presente en el medio y que sus requerimientos en magnesio son tan bajos que pudieron ser suministrados por el sustrato que ellos utilizaron (turba hidrolizada). Por aparte, Kurtzman y Zadrazil citados por Sánchez, 1994, reportaron que el cloruro de sodio no tiene efecto significativo sobre *P. ostreatus*, aunque sí un muy ligero efecto en el crecimiento de *P. sapidus*.

e. Vitaminas y otros compuestos

Hashimoto y Takahashi (citados por Sánchez, 1994), indicaron que *P. ostreatus* requiere tiamina para su crecimiento en una concentración óptima de 100 mg/l y que cuando tal vitamina está presente, ninguna otra es necesaria. Hong (citado por Sánchez, 1994), indicó que la concentración de 50 mgL^{-1} provoca un excelente crecimiento tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos y que el ácido indolacético y la citosina causan en esta especie un mejor crecimiento micelial pero que no tienen influencia sobre el rendimiento.

D. La humedad en el sustrato

Sánchez (1994), menciona que el contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo de los hongos porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50 por ciento no serán propicias y una humedad superior al 80 por ciento tendrá un efecto negativo en el crecimiento de *Pleurotus* spp. El contenido óptimo de humedad depende no solo de la especie de hongo que se cultiva, sino también del tipo de sustrato utilizado. Rajarathnam y Bano (citados por Sánchez, 1994), indicaron que las especies *P. cornucopiae*, *P. ostreatus* y *P. eryngii* tienen una relación óptima rastrojo de trigo: agua de 1:4.4.

El contenido de humedad no sólo afecta la disponibilidad de nutrientes en el sustrato, sino también la disponibilidad de oxígeno. En efecto, el agua ocupa espacios que pueden ser ocupados por el aire. A niveles excesivos esto se vuelve una limitante para la respiración del hongo.

E. La humedad del aire

Sánchez (1994), dice que este es un factor de suma importancia para la adecuada fructificación de las especies de *Pleurotus*. Dado que los cuerpos fructíferos están formados por un alto contenido de agua y su estructura hifal no les permite retener la humedad en condiciones adversas, un balance adecuado entre la humedad ambiental y el contenido de humedad del hongo es necesario. Debido a esto, la humedad relativa del ambiente donde crece el hongo debe ser suficiente para evitar que tanto el sustrato como los cuerpos fructíferos se deshidraten. En general, los hongos son muy susceptibles a las variaciones en la humedad relativa. Block (citado por Sánchez, 1994), indicaron que la humedad óptima para la fructificación de *P. ostreatus* era de 85 por ciento.

F. Tamaño de partícula

Sánchez (1994), confirma que el tamaño de partícula afecta el crecimiento y la fructificación porque se relaciona con la accesibilidad a los nutrientes, al agua y al aire por parte de las hifas del hongo. Los tamaños de partícula muy pequeños dificultan la aireación necesaria para la respiración y los tamaños muy grandes son inadecuados porque dificultan la compactación del sustrato y el acceso del hongo a los nutrientes. Rajarathnam y Bano (citado por Sánchez, 1994), recomiendan tamaños de partícula de 2-3 cm. cuando se usa rastrojo de arroz para el cultivo de especies de *Pleurotus*.

G. La aireación.

El oxígeno es un elemento de gran importancia para el crecimiento de los basidiomicetos porque son organismos aerobios. Estos organismos presentan requerimientos de oxígeno diferentes según el estado fisiológico en que se encuentren. Para el caso de *Pleurotus* spp. , se ha notado que la concentración alta en CO₂ estimula la germinación de las esporas y el crecimiento micelial pero inhibe la fructificación. Según Zadrazil, (citado por Sánchez, 1994), la estimulación varía según las especies; por ejemplo: *P. ostreatus* obtiene una máxima estimulación de su crecimiento micelial cuando el aire contiene 28 por ciento de CO₂.

H. La luz

Según Eger (citado por Sánchez, 1994), *P. ostreatus* no puede fructificar en oscuridad continua. Para poder hacerlo requiere ser expuesto a longitudes de onda inferiores a 600 nm, sin embargo la sensibilidad tanto de la cantidad como de la calidad de la luz depende de las especies. Esta misma autora indicó que la sensibilidad a la luz es máxima desde

momentos previos hasta horas después de que el micelio ha colonizado el sustrato.

2.3.8. Suplementación con urea

Sánchez (1994), menciona que la urea, también conocida como carbamida, carbonildiamida o ácido carbamídico, es el nombre del ácido carbónico de la diamida, con fórmula química $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. La urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco. Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Poco soluble en éter y otros solventes a temperatura ambiente.

2.3.9. Mercado

En los últimos 40 años, el mercado de hongos comestibles a nivel mundial ha experimentado un crecimiento anual de 4,3%, de acuerdo a los datos obtenidos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Este crecimiento se debe principalmente a mejoras en la tecnología de producción de diversos hongos, que posibilitan tener mejores precios y un mayor volumen. Está relacionado, además, al enorme giro que ha dado el mundo con respecto a la salud y hacia una mejor forma de cuidarse; las personas buscan una alimentación más sana y adecuada, está científicamente comprobado que el consumo de hongos comestibles otorga beneficios a la salud del ser humano.

2.3.9.1. Producción a nivel mundial

La República de China es el mayor productor de hongos comestibles, produciendo cerca de 3,918.3 tm cada año que es cerca del 64% de la producción mundial, China también produce el 86,8% de toda la producción mundial de hongos ostra.

La participación de América Latina es muy baja comparada con Asia y Europa, ya que su producción en el año 1997 fue de 200.5 tm mientras que la de Asia y Europa fue de 863,501.8 y 12,025 tm respectivamente, mostrando la supremacía de la producción de hongos ostra en estos dos continentes.

Cuadro 10: Producción de hongos comestibles por países (tm)

	1990	1993	1996	1999	2002	2005
1 China	363.650	461.960	511.030	683.010	1.059.800	1.409.680
2 EEUU	324.320	340.560	352.300	387.550	377.080	382.540
3 P. Bajos	147.000	190.000	237.000	250.000	270.000	245.000
4 España	74.480	67.120	71.530	93.600	134.670	165.000
5 Francia	195.700	184.040	189.210	151.890	175.290	147.500
6 Polonia	104.000	100.000	100.000	100.000	120.000	135.000
7 Italia	79.380	67.380	65.890	61.620	72.700	88.360
8 Canadá	52.240	54.670	59.410	69.280	75.080	80.070
9 Irlanda	37.000	45.000	54.000	64.800	69.000	77.060
10 Reino Unido	123.140	122.330	106.560	104.700	84.700	74.000

Fuente: <http://www.faostat.fao.org>

Cuadro 11: Producción comercial de *Pleurotus* spp. en Latinoamérica

País	Toneladas/año(peso fresco)								
	1945	1950	1960	1965	1970	1972	1974	1975	1995
Argentina	-	-	-	-	150	300	600	700	1,200
Brasil	-	-	-	-	150	350	600	700	4,000
Colombia	-	-	-	-	100	150	160	180	3,200
Costa Rica	-	-	-	-	50	500	700	600	100
Chile	-	-	-	-	80	100	100	100	10,600
Ecuador	-	-	-	-	400	460	500	500	320
Guatemala	-	-	-	-	10	20	20	10	40
México	5	100	200	400	1,150	1,700	2,220	2,430	27,825
Perú	-	-	-	-	60	70	100	100	300
Sto. Dmgo.	-	-	-	-	-	200	1,000	900	nd
Venezuela	-	-	-	-	50	50	100	80	1,400
Total	5	100	200	400	2,200	3,900	6,100	6,300	48,985

Fuente: Martínez (2000)

Cuadro 12: Producción de *Pleurotus* a nivel internacional (Año 2000)

País	Toneladas	País	Toneladas
China	2,245,800	Alemania	56,100
E. U. A	344,717	Canadá	53,250
Japón	336,430	Taiwán	51,000
Francia	232,000	Irlanda	42,000
Holanda	165,350	Bélgica	30,000
Inglaterra	118,000	México	27,825
Italia	102,000	Australia	25,530
Tailandia	80,153	Hungría	20,505
Indonesia	80,000	Dinamarca	8,000
Corea del sur	74,798	India	7,000
España	67,500	Nueva Zelanda	6,911
Polonia	65,100	Suiza	6,100

Fuente: Martínez (2000)

2.3.9.2. Demanda potencial

Estados Unidos, Alemania, Francia y Reino Unido se destacan como consumidores de hongos comestibles, ya que sus pobladores adquieren cantidades mayores cada año, entre 70,000 y 270,000 tm, y les

siguen Italia, Holanda y Bélgica.

En el cuadro N° 13, se muestra que la mayor parte del consumo en el Mercado Europeo se concentra en Alemania, Francia y Reino Unido ya que sus porcentajes de consumo son: 26, 18, y 16 % respectivamente.

Cuadro 13: Producción y consumo de hongos en algunos países

Año 2000			
Pais	Consumo (%)	Producción (TM)	Consumo per capita
Alemania	26%	60.000	2,3 k.g.
Francia	18%	145.000	2,9 k.g.
U.K	16%	110.000	2,6 k.g.
Italia	14%	68.000	1,8 k.g.
Holanda	7%	255.000	4,1 k.g.
España	4%	80.000	1,1 k.g.
Belgica/Luxemburgo	4%	44.000	3,2 k.g.
Irlanda	3%	60.000	2,6 k.g.
Suecia	2%	-	-
Dinamarca	-	7.000	-
Otros	6%	-	-

Fuente: <http://www.mushroomworld.com>

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN

El presente trabajo de Investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias Tropicales- UNSAAC, perteneciente a la Provincia de La Convención, Región Cusco.

a) Ubicación del experimento

Departamento	:	Cuco
Provincia	:	La Convención
Distrito	:	Santa Ana
Local	:	El Arenal s/n FACAT – Q

b) Ubicación geográfica

Altitud	:	996 m.s.n.m.
Coordenadas UTM	:	0750515 N
	:	8577603 E
Latitud	:	12° 51' 21"
Longitud	:	72° 41' 30"
Temperatura	:	24°C
Humedad Relativa	:	80%

3.2. MATERIALES

a) Material biológico

Cepa de *Pleurotus ostreatus* obtenidas del Laboratorio de Micología y Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM.

b) Insumos

- Rastrojo de Maíz (*Zea mays*)
- Bagazo de Caña (*Sacharum officinarum*)
- Cascarilla de Café (*Coffea arábica*)
- Viruta
- Pasto Braquiaria (*Brachiaria decumbens*)
- Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*)
- Granos de Trigo pelado.
- Papa
- Dextrosa
- Agar Agar

c) Materiales de Laboratorio.

- Algodón
- Frascos de vidrio
- Bolsas de polipropileno (13x20)
- Placas Petri
- Sacabocado
- Ligas
- Tubos de Ensayo
- Cuaderno de Apuntes
- Agua Destilada
- Pinzas
- Alcohol de 98°
- Erlenmeyer
- Bagueta
- Film Sellante
- Termómetro
- Materiales de Cocina (ollas, cernidor, cuchara)

- Equipos de protección (Guantes, Mandil, Mascarilla, Lentes.)

d) Instrumentos de Laboratorio.

- Horno microondas
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar
- Balanza analítica
- Cocina eléctrica

e) Otros

- Esterilizador de sustrato (cilindro esterilizador)
- Parantes de madera
- Cámara fotográfica
- Fluorescente
- Alambre
- Alicates
- Cable de electricidad
- Hipoclorito sódico
- Jabón en líquido

3.3. METODOS

El tipo de investigación fue cuantitativo, es la elección del modelo más adecuado lo que nos permitió conocer la realidad de una manera más imparcial, ya que se recogieron y analizaron los datos a través de los conceptos y variables.

3.3.1. Componentes del estudio

Se utilizó la cepa del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* y seis sustratos.

a. Cepa de *Pleurotus ostreatus*

b. **Sustratos:**

- Rastrojo de Maíz
- Bagazo de Caña
- Cascarilla de Café
- Viruta
- Pasto Braquiaria
- Pasto Elefante

3.3.2. Tratamientos en Estudio

Los tratamientos en estudio se presentan en el siguiente cuadro:

Tratamientos en estudio

<u>Sustratos</u>	<u>Clave</u>	<u>Nº de orden tratamiento</u>
–Rastrojo de Maíz	RM	1
–Bagazo de Caña	BC	2
–Cascarilla de Café	CC	3
–Viruta	V	4
–Pasto Braquiaria	PB	5
–Pasto Elefante	PE	6

3.3.3. Diseño del Experimento

El Diseño que se realizó fue Diseño Completamente al Azar (DCA), con 6 tratamientos y 5 repeticiones, que dan un total de 30 unidades experimentales.

3.3.4. Características del Experimento

–Área del Experimento (Laboratorio)

Largo	:	6.00 m
Ancho	:	5.00 m
Área total	:	30.00 m ²

3.3.5. Metodología de Evaluación

3.3.5.1. Población a estudiar

El comportamiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos evaluados.

3.3.5.2. Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados fueron:

3.3.5.2.1 Número de Basidiocarpos:

Se registró el número de Basidiocarpos por cada bolsa de los diferentes tratamientos o sustratos, en las tres oleadas. Al registrar los basidiocarpos se tomó en consideración la siguiente característica de los basidiocarpos deben tener un diámetro no menor de 6.00 cm.

Se promedió las tres oleadas de cada unidad experimental (panetón evaluada) para así obtener cinco datos de cada sustrato.

3.3.5.1.2. Diámetro de Basidiocarpos:

Se registró el tamaño del píleo o sombrerito de los Basidiocarpos cosechados en las tres oleadas de cada unidad experimental de todos los tratamientos (panetón). Los basidiocarpos evaluados son los mismos que se evaluaron en el número de Basidiocarpo. Se promedió los datos registrados de cada unidad experimental (panetón) evaluada para así obtener cinco datos de cada sustrato (tratamiento)

3.3.5.1.3. Rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos:

Se registró los pesos de cada basidiocarpo cosechados en las tres oleadas. Las estructuras fructificantes fueron extraídos luego de producirse la esporulación.

3.3.5.1.4. Eficiencia biológica de *Pleurotus. ostreatus*:

Se evaluó la producción midiendo el peso en fresco de hongos cosechados sobre el peso del sustrato húmedo por cien en cada uno de los residuos agrícolas evaluados durante las tres oleadas.

$$E. B = \frac{\text{Peso de los basidiocarpos frescos}}{\text{Peso del sustrato seco}} \times 100$$

3.3.5.1.5. Tasa de degradación:

Se registró el peso en (kg) de los seis tratamientos (sustratos) cada tratamiento contiene cinco repeticiones, en total se registró 30 (panetones), esta evaluación se realizó al inicio de la inducción y después de la última cosecha. Para hallar la tasa de degradación se usa la siguiente formula:

$$P. D = \frac{\text{Peso sustrato seco inicial} - \text{Peso sustrato seco final}}{\text{Peso sustrato seco inicial}} \times 100$$

3.3.5.1.6. Fenología del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*:

Se registró a los hongos todos los días desde la siembra hasta el momento de la obtención de la tercera oleada. El comportamiento del hongo en los diferentes sustratos.

3.3.5.1.7. Costos de producción del *Pleurotus ostreatus*.

Se registró cada gasto realizado desde el momento de la ejecución del trabajo de investigación hasta la culminación de dicha investigación. La obtención de los materiales fue hecha en su mayoría de la ciudad de Lima para abaratar costos.

3.3.6. Análisis de datos

Los datos fueron analizados con un análisis de variancia (ANVA) y los promedios se analizaron con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 5\%$), para cada tratamiento en estudio.

3.3.7. Conducción del Experimento

La metodología que se utilizó para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* fue de acuerdo al método de Sánchez (1994), que divide al cultivo en cuatro etapas básicas:

- Etapa I. Preparación del inóculo
- Etapa II. Preparación del sustrato
- Etapa III. Siembra e incubación
- Etapa IV. La fructificación.

3.3.7.1. Etapa I. Preparación del inóculo

3.3.7.1.2. Preparación de medio de cultivo

Para la propagación del hongo se necesita medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar)

Procedimiento

- Para obtener un litro de PDA se utilizó 250 g de papa, se hacen hervir en 500ml de agua destilada por 15 minutos, luego se filtra y solo se utiliza la parte líquida.
- En un vaso de precipitado, se disuelve 18g de Agar Agar en 500 ml de agua destilada, utilizando horno microondas para calentar el medio.
- Se mezcló las dos preparaciones, agregando y disolviendo 18 g de dextrosa, completar todo el preparado a un litro adicionando agua destilada.
- Se distribuyó en envases de vidrio, a 250 ml de PDA.
- Luego se procede a tapar los envases con algodón, en seguida se envuelve con papel crac y se sujeta con pabilo.
- Se esterilizo utilizando autoclave durante 15-30 min a 15 libras de presión.
- El medio de cultivo ya esterilizado, se conserva a una T° de 2-4 °C

Figura 2: Preparación de Medio de cultivo PDA en envases de vidrio



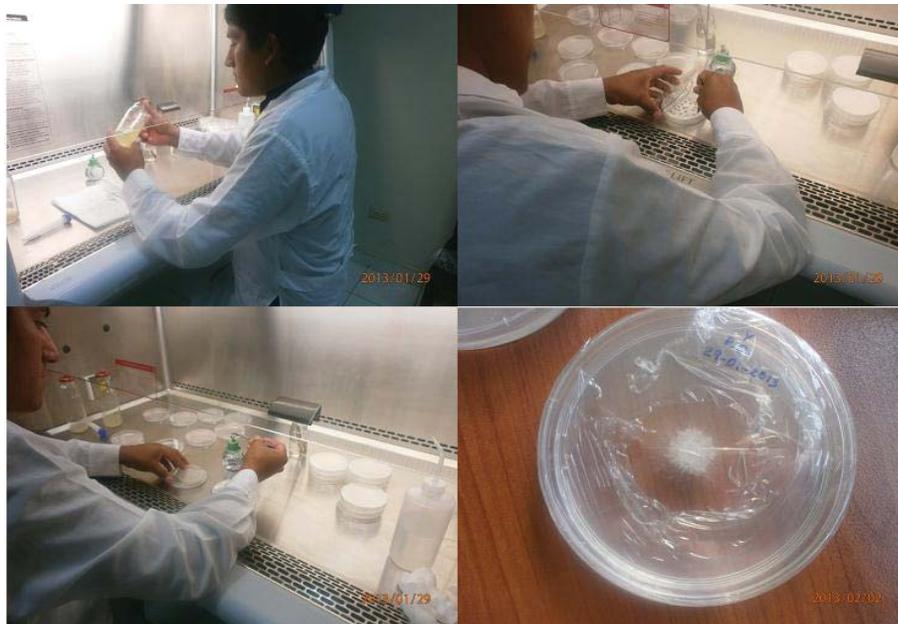
3.3.7.1.3. Producción de *Pleurotus ostreatus* en PDA

Para multiplicar el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* se utilizó la cepa del hongo proveniente de la UNALM.

Procedimiento.

- Los frascos contenidos con PDA son calentados hasta ser derretidos en el horno microondas luego se deja enfriar a 55 °C dentro de la cámara de flujo laminar, luego, se le agrega un gramo de antibiótico (Oxitetraciclina) se agita el medio, hasta conseguir la dilución completa del antibiótico
- Se vierte el PDA de los envases de vidrio a las placas Petri con un espesor de 2-4 mm, se deja durante 1 hora para que solidifique el medio de cultivo PDAO.
- En una cámara de flujo laminar, se realizó la siembra de la Cepa del hongo, con la ayuda de un sacabocado, pinza, previamente desinfectados en mechero de alcohol.

Figura 3: Llenado de micelio de *Pleurotus* en medio de cultivo PDAO.



3.3.7.1.4. Producción de *Pleurotus ostreatus* en granos de trigo

Se realiza esta producción para incrementar la población de micelio de *Pleurotus ostreatus*

Procedimiento.

- Se lavan los granos de trigo pelado, eliminando las impurezas.
- Luego los granos de trigo son puestos a hervir en agua durante 5 -10 minutos hasta que se hinchen los granos pero no muy hervidos, posteriormente son escurridos con un colador, ya escurridos se les deja orear.
- Una vez oreados y frio se colocan en bolsas de polipropileno y sellados con tapones de algodón y liga para su esterilización en autoclave a 121°C, 15 libras, durante 15 -30 min.
- Se desenvuelve el fill de las placas Petri y se corta el PDA con micelio.
- Dentro de las bolsas conteniendo los granos de trigo estéril, se colocó porciones de micelio desarrollados previamente en el medio de PDAO.
- Las bolsas se incuban durante 21 días a 26°C para lograr el crecimiento del micelio.

Figura 4: Todos los pasos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en granos de trigo



3.3.7.2. Etapa II. Preparación del sustrato

3.3.7.2.2. Preparación del sustrato

Los materiales evaluados en este proyecto fueron seis residuos agroindustriales. Los residuos agroindustriales analizados fueron (Rastrojo de Maíz, Bagazo de Caña, Cascarilla de Café, Viruta, Pasto Elefante, Pasto Braquiaria).

Todos los residuos agroindustriales tienen considerable carga de agentes contaminantes, especialmente bacterias y hongos inferiores, esto se debe a que estos organismos comienzan a colonizar estos sustratos para degradarlos y volver sus componentes al medio ambiente. Por lo tanto es indispensable que estos sustratos sean tratados previamente para eliminar estos microorganismos o para disminuir las sustancias de las cuales se alimentan.

Figura 5: Recolección y preparación de los sustratos.



3.3.7.2.3. Deshidratación y adecuación de los residuos.

Todos los residuos fueron seleccionados y sometidos a un proceso de secado mediante la exposición directa al sol hasta que se vieran físicamente secos.

Procedimiento.

- Se recolectaron los sustratos como son: Pasto Parada, Pasto Braquiaria fisiológicamente verdes los cuales fueron secados de 1-2 semanas a exposición directa del sol hasta que los sustratos alcancen un color café (perdida de clorofila).
- En caso de los demás sustratos fuero expuestos al sol para eliminar algunos insectos, hongos, etc.

Figura 6: Secado de los sustratos a la exposición directa del sol



3.3.7.2.4. Picado de los residuos

Procedimiento

- En el caso de los sustratos como Pasto Parada, Pasto Braquiaria, Rastrojos de Maíz, Bagazo de Caña, se pican con un machete pedazos de 3-5 cm. lo cual permitió una mejor retención de humedad y un fácil manejo del sustrato.

Figura 7: Picado de los sustratos con machete en trozos de 3 - 5.5 cm



3.3.7.2.5. Remojo de los sustratos

Procedimiento

- los sustratos (Pasto Elefante, Pasto Braquiaria, Viruta, Cascarilla de Café, Rastrojos de Maíz) son remojados durante 24- 48 horas para permitir que el agua rehidrate, hasta que alcance una humedad de 70-75%.
- Para rehidratar se utilizó, recipientes de tamaño adecuado a la cantidad de material que se manejó.
- En el caso de sustrato Bagazo de Caña se realizó la fermentación natural la cual consiste en apilar (70-80% de humedad), en montones piramidales de 1-1.20 m de alto. El material se volteo al segundo día de haberse iniciado la fermentación aerobia. Después de 10 días el Bagazo de Caña esta lista para ser inoculada. Este proceso de fermentación reduce sensiblemente el volumen del Bagazo de Caña y la transforma en un material física y químicamente homogéneo, con buena estructura y consistencia.

Figura 8: Rehidratación de los sustratos en lavadores



3.3.7.2.6. Oreado de los sustratos

Procedimiento

- Después de haber rehidratado el sustrato se deja orear en un lugar donde no haya un contacto directo con el sol. Para comprobar si el sustrato tiene una humedad de 70-75 % se coge el sustrato con la mano y si chorrea agua no está aún listo, no debe de escurrir agua más bien solo debe de quedar húmedo.

Figura 9: Oreado de los sustratos sobre plásticos.



3.3.7.2.7. Embolsado de los sustratos

Procedimiento.

- Se embolso´ los sustratos en bolsa de polipropileno de (13x20) aproximadamente sus $\frac{3}{4}$ partes de la bolsa, luego fueron asegurado con tampones de algodón y liga en el extremo abierto de las bolsas. Están listos para la esterilización.
- El embolsado de los sustratos de acuerdo al volumen y no de acuerdo al peso.

Cuadro 14: Cuadro de sustratos por cantidad (kg) embolsados en bolsas de polipropileno de (13x20)

Sustratos	kg
Rastrojos de Maíz	2.50
Bagazo de Caña	3.00
Cascarilla de Café	5.50
Viruta	2.50
Pasto Elefante	3.00
Pasto Braquiaria	2.00

Figura 10: Sustratos embolsados



3.3.7.2.8. Esterilización de los sustratos

Procedimiento

- En un cilindro se colocó agua casi hasta el ras de la parrilla, luego se colocó las bolsas contenidas con sustratos en el interior, de tal manera que exista espacio suficiente para la circulación del vapor y la esterilización sea homogénea, esta es una forma de esterilización con calor húmedo sin presión.
- El proceso de esterilización se realizó durante 3-5 horas y por tres días consecutivos.

Figura 11: Esterilización de los sustratos (Esterilización con vapor sin presión)



3.3.7.3. Etapa III. Siembra e incubación

3.3.7.3.2. Inoculación o siembra de los sustratos

Procedimiento

- Se procedió a retirar el tampón de algodón de la bolsa y se incorporó el trigo conteniendo el micelio de *Pleurotus ostreatus* y luego se volvió a colocar el tapón en la bolsa.
- La inoculación se realizó en cada una de las bolsas, suministrando una sola vez durante todo el proceso 150 g de semilla (granos de trigo con micelio) por cada bolsa de sustrato evaluado.
- Se realizó en cámara de flujo laminar para reducir los problemas de contaminación, muy cerca de la flama de mechero.

Figura 12: Sustratos inoculados con granos de trigo llenos de micelio.



3.3.7.3.3. Incubación de los sustratos

Procedimiento.

- Esta etapa se realizó en un ambiente cerrado con un promedio de temperatura de 24°C a 26°C, que fue comprobada con un termómetro.
- Los sustratos fueron cubiertos con plásticos oscuros para así no permitir el crecimiento de otros agentes competidores de *Pleurotus ostreatus*.
- Se dejaron durante un promedio de 40 días hasta que llenen por completo los sustratos con micelio de *Pleurotus ostreatus*.

Figura 13: Incubación de los sustratos en un cuarto cerrado.



3.3.7.4. Etapa IV. La fructificación.

3.3.7.4.2. Fructificación de los sustratos.

Procedimiento

- Las bolsas a los 40 días desde la inoculación hasta que el micelio invadió el sustrato, fueron descubiertas y llevadas al cuarto de fructificación, donde la temperatura fluctuó entre 23° 28° C.
- Las bolsas fueron cortadas en las partes superiores e inferiores (cortes en forma de círculos de 0.5- 1 cm de radio, para inducir que salgan las setas, fueron puestas debajo de los parantes de madera.
- Se mantuvo la humedad (80%) en toda la etapa de la fructificación. para mantener esta humedad se vertió agua en el piso.
- Se colocó de forma ordenada cada sustrato con cinco repeticiones los seis sustratos a una distancia de 50cm.

Figura 14: Inicio de fructificación de los sustratos con los hongos *P. ostreatus*.



3.3.7.4.3. Cosecha de los Basidiocarpos.

Procedimiento.

- La recolección se hizo de forma manual cortando con una cuchilla estéril y el peso de los carpoforos se determinó inmediatamente después de su corte por medio de una balanza digital, también la medida de los carpoforos, este procedimiento se realizó durante tres veces por cada oleada correspondiente.

Figura 15: Cosecha de basidiocarpio de *Pleurotus ostreatus*



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.

4.1.1. Número de Basidiocarpos.

Para evaluar el número de basidiocarpos del hongo *Pleurotus ostreatus* se registró los números de basidiocarpos promedio de las tres oleadas de los seis sustratos (tratamientos), cada tratamiento con cinco repeticiones.

Cuadro 15: Número de basidiocarpos (*Pleurotus ostreatus*)

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
N ^a	RM	BC	CC	V	PB	PE	
1	57.0	58.0	57.0	23.0	19.0	20.0	
2	56.0	54.0	53.0	28.0	19.0	21.0	
3	53.0	61.0	54.0	21.0	21.0	17.0	
4	54.0	42.0	51.0	31.0	21.0	18.0	
5	54.0	53.0	44.0	22.0	25.0	19.0	
ΣT	274.0	268.0	259.0	125.0	105.0	95.0	1126
$\Sigma \bar{X}$	54.8	53.6	51.8	25.0	21.0	19.0	37.533

Se transformaron los datos del Cuadro N^o 15 con \sqrt{x} como se muestra en el Cuadro N^o 16, ya los datos se transformaron.

Cuadro 16: Número de basidiocarpos convertidos (Pleurotus o.)

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
N ^a	RM	BC	CC	V	PB	PE	
1	7.55	7.62	7.55	4.80	4.36	4.47	
2	7.48	7.35	7.28	5.29	4.36	4.58	
3	7.28	7.81	7.35	4.58	4.58	4.12	
4	7.35	6.48	7.14	5.57	4.58	4.24	
5	7.35	7.28	6.63	4.69	5.00	4.36	
ΣT	37.01	36.54	35.95	24.93	22.88	21.78	179.089
$\Sigma \bar{X}$	7.40	7.31	7.19	4.99	4.58	4.36	5.970

Cuadro 17: Análisis de varianza para el número de basidiocarpos (PO)

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F Calculado	5% FT	SIG
Tratamiento	5	54.222	10.844	97.043	2.620	*
Error	24	2.682	0.112			
Total	29	56.904	CV	5.6 %		

Como se puede observar en los resultados del análisis de varianza (Cuadro N° 17) los números de basidiocarpo producidos en diferentes sustratos (Tratamientos) son significativamente diferentes. El Coeficiente de Varianza es de 5.6 % la cual está ubicada dentro de los rangos permisibles para los trabajos en laboratorio.

Al obtener diferencias significativas entre tratamientos se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 %, los resultados se observan en el cuadro N° 18.

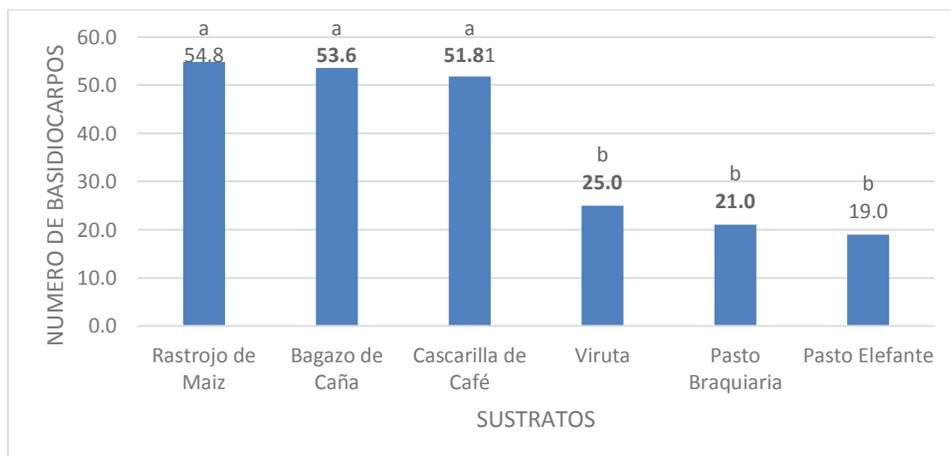
Cuadro 18: Prueba de Tukey para el número de basidiocarpos de (*Pleurotus ostreatus*)

OM	Tratamiento	Código	Promedio	5% TUKEY
I	Rastrojo de Maíz	RM	7.402	a
II	Bagazo de Caña	BC	7.307	a
III	Cascarilla de Café	CC	7.191	a
IV	Viruta	V	4.986	b
V	Pasto Braquiaria	PB	4.577	b
VI	Pasto Elefante	PE	4.356	b

AES (5%) = 4.37 DHS (5%) = 0.653

En la prueba de comparación de Tukey al 95% de certeza, los sustratos (tratamientos) Rastrojo de Maíz (RM), Bagazo de Caña (BC) y Cascarilla de Café (CC), son estadísticamente iguales y superiores a los demás sustratos (tratamientos) Viruta (V), Pasto Braquiaria (PB) y Pasto Elefante (PE), esto debido posiblemente a que los primeros tres tratamientos reúnen los requisitos nutricionales adecuados para el desarrollo del mayor número de Basidiocarpos en comparación a los demás tratamientos.

Figura 16: Número de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* por sustrato (tratamiento), con los datos reales.



E la figura N° 16. Se puede apreciar que los tres primeros sustratos (tratamientos) Rastrojo de Maíz (RM), Bagazo de Caña (BC) y Cascarilla de Café (CC), obtuvieron el mayor Número de Basidiocarpo de 54.8, 53.6, 51.81, respectivamente a diferencia de Viruta (V), Pasto Braquiaria (PB) y Pasto Elefante (PE).

4.1.2. Diámetro del Píleo.

Para evaluar el diámetro de píleo del hongo *Pleurotus ostreatus* se registró los datos de los seis sustratos (tratamientos), cada tratamiento con cinco repeticiones. Para esta evaluación se tomaron en cuenta a los píleos que se evaluaron en el número de basidiocarpos promedio de las tres oleadas de cada repetición.

Cuadro 19: Cuadro ordenado de diámetro (cm) de Píleo (*Pleurotus ostreatus*)

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
Nº	RM	BC	CC	V	PB	PE	
1	8.67	8.44	8.22	7.67	8.25	8.42	
2	9.06	8.17	8.28	8.17	8.75	8.75	
3	8.61	8.72	8.28	8.00	8.25	8.00	
4	8.78	8.33	8.22	8.00	8.42	8.25	
5	9.06	8.44	8.44	7.67	8.00	8.50	
ΣT	44.18	42.10	41.44	39.50	41.67	41.92	250.81
$\Sigma \bar{X}$	8.84	8.42	8.29	7.90	8.33	8.38	8.36

Cuadro 20: Análisis de Varianza para el diámetro del píleo de los basidiocarpos de (*Pleurotus ostreatus*)

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F Calculado	5% FT	SIG
Tratamiento	5	2.241	0.448	8.994	2.620	*
Error	24	1.196	0.050			
Total	29	3.437	CV	2.67 %		

En los resultados del análisis de varianza en el cuadro N° 20, el diámetro del píleo de los basidiocarpos producidos por los diferentes tratamientos, indica que existen diferencias significativas entre tratamientos a nivel de significancia de 0.05 %. El coeficiente de variación es de 2.67 %, que se ubica dentro del rango establecido para este tipo de trabajos.

Habiendo encontrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y quedando aun por establecer cuales difieren y/o cuales son iguales, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05 % los resultados se muestran en el Cuadro N° 21.

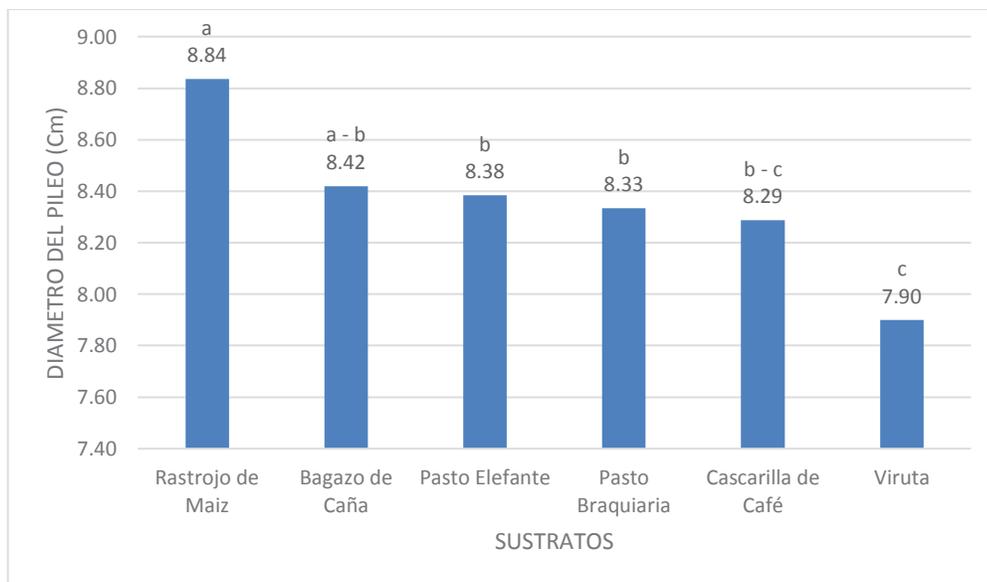
Cuadro 21: Prueba de Tukey para el diámetro (cm) del Píleo (*Pleurotus ostreatus*)

OM	Tratamiento	Código	Promedio	5% TUKEY
I	Rastrojo de Maíz	RM	8.84	a
II	Bagazo de Caña	BC	8.42	a b
III	Pasto Elefante	PE	8.38	b
IV	Pasto Braquiaria	PB	8.33	b
V	Cascarilla de Café	CC	8.29	b c
VI	Viruta	V	7.90	c

$$\text{AES (5\%)} = 4.37 \quad \text{DHS (5\%)} = 0.45$$

La prueba de comparación de Tukey al 95 % de certeza indica que los sustratos (tratamientos) Rastrojo de Maíz (RM), Bagazo de Caña (BC) son estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos, esto se demostró debido a que los diámetros de píleo fueron los mayores con 8.84 y 8.42 cm en promedio, muy atractivos desde el punto de vista comercial por el tamaño que presentaron. Seguidos posteriormente por los sustratos (tratamientos) Pasto Elefante (PE), Pasto Braquiaria (PB), Cascarilla de Café (CC) y Viruta (V); con 8.38, 8.33, 8.29, 7.90 respectivamente.

Figura 17: Diámetro de píleo de *Pleurotus ostreatus* para cada tratamiento.



En la Figura N° 17 se puede apreciar que en el Rastrojo De Maíz (RM) se obtuvo los píleos más grandes y seguidos posteriormente por Bagazo De Caña (BC), Pasto Elefante (PE), Pasto Braquiaria (PB), Cascarilla De Café (CC) y como último donde se obtuvieron los píleos de menor tamaño fue en Viruta (V).

4.1.3. Rendimiento de Basidiocarpos

Para evaluar el rendimiento de basidiocarpos del hongo *Pleurotus ostreatus* se registró los datos del peso en (g) de los basidiocarpos que medían más de 6 cm de las tres oleadas recolectadas de cada unidad experimental en este caso de las 30 unidades (panetones).

Cuadro 22: . Cuadro ordenado de rendimiento de basidiocarpos en g de (*Pleurotus ostreatus*)

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
Nº	RM	BC	CC	V	PB	PE	
1	2340.0	2445.0	2381.0	957.0	456.0	513.0	
2	2193.0	2248.0	2210.0	777.0	458.0	537.0	
3	2140.0	2036.0	2238.0	882.0	480.0	410.0	
4	2267.0	1775.0	2135.0	878.0	520.0	510.0	
5	2176.0	2206.0	1850.0	941.0	551.0	530.0	
ΣT	11116.0	10710.0	10814.0	4435.0	2465.0	2500.0	42040.0
$\Sigma \bar{X}$	2223.2	2142.0	2162.8	887.0	493.0	500.0	1401.3

Cuadro 23: Cuadro ordenado de rendimiento de basidiocarpos en kg (*Pleurotus ostreatus*)

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
Nº	RM	BC	CC	V	PB	PE	
1	2.340	2.445	2.381	0.957	0.456	0.513	
2	2.193	2.248	2.210	0.777	0.458	0.537	
3	2.140	2.036	2.238	0.882	0.480	0.410	
4	2.267	1.775	2.135	0.878	0.520	0.510	
5	2.176	2.206	1.850	0.941	0.551	0.530	
ΣT	11.116	10.71	10.814	4.435	2.465	2.500	42.040
$\Sigma \bar{X}$	2.223	2.142	2.163	0.887	0.493	0.500	1.401

Cuadro 24: Rendimiento kilogramos de hongo fresco/tm de sustrato

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
Nº	RM	BC	CC	V	PB	PE	
1	936.00	815.00	432.91	382.80	228.00	171.00	
2	877.20	749.33	401.82	310.80	229.00	179.00	
3	856.00	678.67	406.91	352.80	240.00	136.67	
4	906.80	591.67	388.18	351.20	260.00	170.00	
5	870.40	735.33	336.36	376.40	275.50	176.67	
ΣT	4446.4	3570.0	1966.18	1774.0	1232.5	833.33	13822.42
$\Sigma \bar{X}$	889.28	714.00	393.24	354.80	246.50	166.67	460.75

Cuadro 25: Análisis de varianza para rendimiento

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F Calculado	5% FT	SIG
Tratamiento	5	1979725	395945.1	218.9	2.62	*
Error	24	43412.18	1808.841			
Total	29	2023138	CV	9.23		

En cuanto al rendimiento el análisis de varianza (Cuadro N° 25) indica que existen diferencias significativas entre los sustratos (tratamientos). Con un coeficiente de variación de 9.23 % que se ubica dentro del rango establecido para este tipo de trabajos.

Habiendo encontrado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y quedando aun por establecer cuales difieren y/o cuales son iguales, se procedió a dilucidar mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05%. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 26.

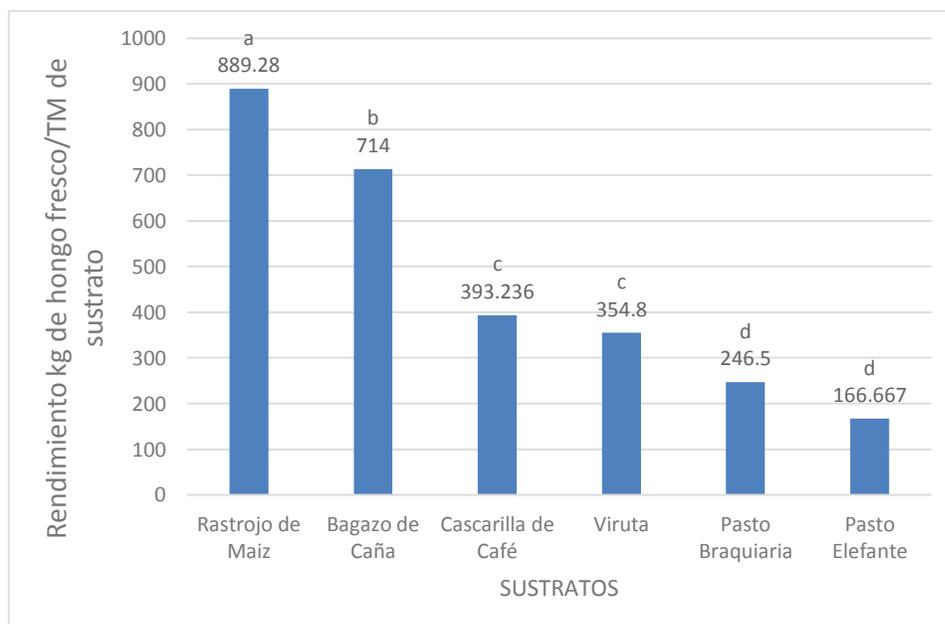
Cuadro 26: Prueba de Tukey para el rendimiento

OM	Tratamiento	Código	Promedio	5% TUKEY
I	Rastrojo de Maíz	RM	889.280	a
II	Bagazo de Caña	BC	714.000	b
III	Cascarilla de Café	CC	393.236	c
IV	Viruta	V	354.800	c
V	Pasto Braquiaria	PB	246.500	d
VI	Pasto Elefante	PE	166.667	d

$$\text{AES (5\%)} = 4.37 \quad \text{DHS (5\%)} = 83.12$$

En la prueba de Tukey al 95% de certeza, el tratamiento Rastrojo de Maíz (RM) es estadísticamente superior a los demás sustratos (Tratamiento). Esto se demostró debido a que el peso de basidiocarpos fue el mayor con promedio de 889.280 kg.

Figura 18: Rendimiento de basidiocarpos (*Pleurotus ostreatus*) para cada sustrato (tratamiento).



En la figura N° 18 se puede apreciar que el sustrato (Tratamiento) Rastrojo de Maíz (RM), obtuvo mayor rendimiento de Basidiocarpos de (*Pleurotus ostreatus*) seguidos por Bagazo De Caña (BC), Cascarilla de Café (CC) Viruta (V), Pasto Braquiaria (PB) y Pasto Elefante (PE) respectivamente.

4.1.4. Eficiencia Biológica.

Para evaluar la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* se obtuvieron los datos del peso mediante la fórmula; peso de los basidiocarpos frescos sobre peso del sustrato seco por cien (%) aplicada a cada unidad experimental de los diferentes sustratos (tratamientos).

Cuadro 27: Cuadro ordenado de datos expresados en (%) de la eficiencia biológica.

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
	Nº	RM	BC	CC	V	PB	
1	93.60	81.50	43.29	38.28	22.80	17.10	
2	87.72	74.93	40.18	31.08	22.90	17.90	
3	85.60	67.87	40.69	35.28	24.00	13.67	
4	90.68	59.17	38.82	35.12	26.00	17.00	
5	87.04	73.53	33.64	37.64	27.55	17.67	
ΣT	444.64	357.00	196.62	177.40	123.25	83.33	1382.24
$\Sigma \bar{X}$	88.93	71.40	39.32	35.48	24.65	16.67	46.07

Cuadro 28: Análisis de varianza de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*.

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F Calculado	5% FT	SIG
Tratamiento	5	19797.2543	3959.4509	218.9	2.62	*
Error	24	434.121843	18.08841			
Total	29	20231.3762	CV		9.23 %	

En el Cuadro N° 28 se muestra el análisis de varianza para la variable eficiencia biológica, donde se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación es de 9.23 % que se ubica dentro del rango establecido para este tipo de trabajos.

Al encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y quedando por establecer aun cuales difieren y/o cuales, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significación de 0.05 %. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 29.

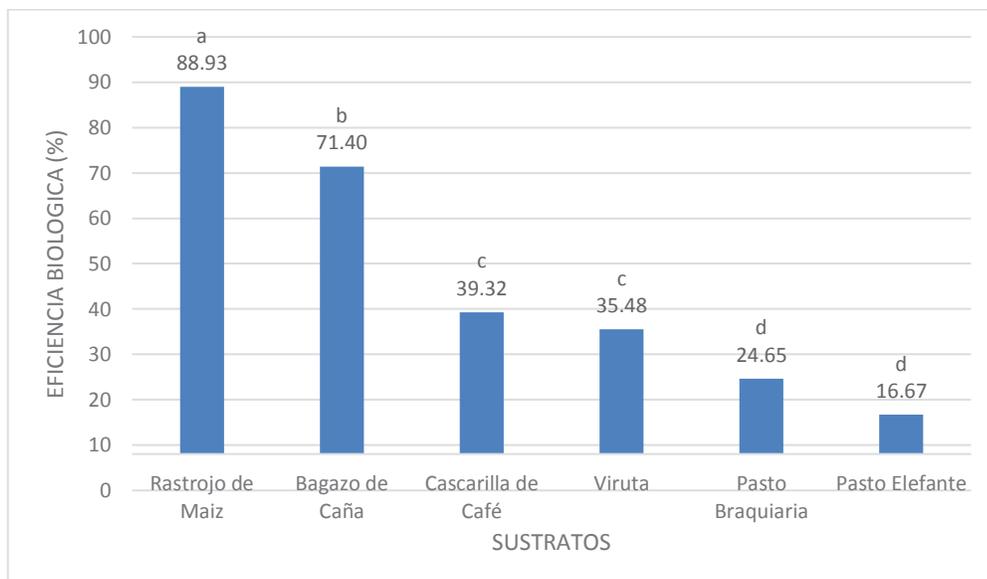
Cuadro 29: Prueba de Tukey para Eficiencia Biológica (%) (*Pleurotus ostreatus*) en los seis sustratos evaluados.

OM	Tratamiento	Código	Promedio	5% TUKEY
I	Rastrojo de Maíz	RM	88.93	a
II	Bagazo de Caña	BC	71.40	b
III	Cascarilla de Café	CC	39.32	c
IV	Viruta	V	35.48	c
V	Pasto Braquiaria	PB	24.65	d
VI	Pasto Elefante	PE	16.67	d

$$\text{AES (5\%)} = 4.37 \quad \text{DHS (5\%)} = 8.31$$

En la prueba de Tukey al 95 % de certeza, el tratamiento Rastrojo de Maíz (RM) es estadísticamente superior a los demás tratamientos, esto se da a que se tiene el mejor peso de hongos frescos producidos por unidad de peso de sustrato seco expresado en kilogramos. Seguido por bagazo de caña (BC), Cascarilla de Café (CC), Viruta (V), Pasto Braquiaria (PB) y Pasto Elefante (PE).

Figura 19: Eficiencia biológica con los datos reales (*Pleurotus ostreatus*) para cada tratamiento.



En la Figura N° 19. Se puede apreciar que el porcentaje más alto de eficiencia biológica el sustrato (tratamiento) que obtuvo un mayor % es el Rastrojo de Maíz (RM) obteniendo 88.93% y seguido de Bagazo de Caña (BC) con 71.40 % luego Cascarilla de Café (CC), Viruta (V), Pasto Braquiaria (PB) y Pasto Elefante (PE) respectivamente.

4.1.5. Tasa de Degradación

Para evaluar la tasa de degradación del hongo *Pleurotus ostreatus* se realizó la fórmula de gramos de sustrato seco inicial menos el sustrato seco final entre los gramos del sustrato seco inicial todo esto multiplicado por cien (%), esta fórmula se aplica para cada unidad de los diferentes sustratos (tratamientos).

Cuadro 30: Cuadro ordenado de tasa de degradación (*Pleurotus ostreatus*)

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
Nº	RM	BC	CC	V	PB	PE	
1	10.72	18.23	15.09	14.28	27.2	25.53	
2	12.00	18.83	11.45	22.40	32.8	23.33	
3	10.00	18.33	12.11	18.88	26.2	18.53	
4	12.08	17.40	16.96	16.08	23.5	21.83	
5	20.00	16.77	9.09	20.00	28.4	19.00	
$\sum T$	64.80	89.57	64.71	91.64	138.05	108.23	557.00
$\sum \bar{X}$	12.96	17.91	12.94	18.33	27.61	21.65	18.57

Se transformaron los datos del cuadro N° 30 con \sqrt{x} como se muestra en el Cuadro N° 31, ya los datos se transformaron.

Cuadro 31: Cuadro ordenado de asa de degradación (*Pleurotus ostreatus*).

Repeticiones	Tratamientos						PROMEDIO
	Nº	RM	BC	CC	V	PB	
1	3.27	4.27	3.88	3.78	5.22	5.05	
2	3.46	4.34	3.38	4.73	5.72	4.83	
3	3.16	4.28	3.48	4.35	5.12	4.31	
4	3.48	4.17	4.12	4.01	4.85	4.67	
5	4.47	4.09	3.02	4.47	5.33	4.36	
$\sum T$	17.85	21.16	17.88	21.34	26.23	23.22	127.68
$\sum \bar{X}$	3.57	4.23	3.58	4.27	5.25	4.64	4.26

Cuadro 32: Análisis de varianza de tasa de degradación de *Pleurotus ostreatus*.

Fuente de Varianza	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F Calculado	5% FT	SIG
tratamiento	5	10.328	2.066	15.231	2.620	*
error	24	3.255	0.136			
total	29	13.582	CV	8.65 %		

En el Cuadro N° 32. Se presenta el análisis de varianza donde indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Teniendo un coeficiente de variación de 8.65%.

Al encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y quedando por establecer aun cuales difieren y/o cuales son iguales, se procedió a dilucidar mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05 % los resultados se muestran en el Cuadro N° 33.

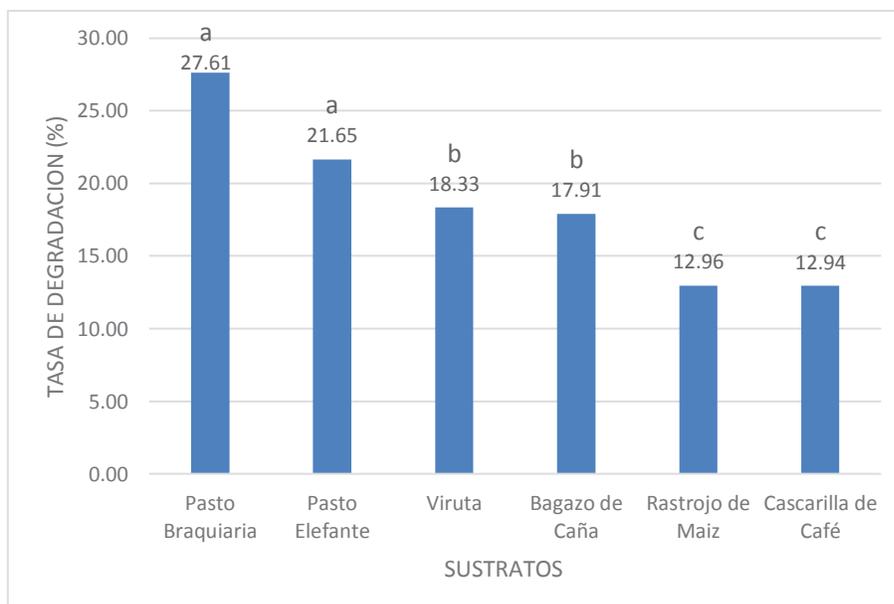
Cuadro 33: Prueba de Tukey para Tasa de Degradación (*Pleurotus ostreatus*) en los seis sustratos evaluados.

OM	Tratamiento	Código	Promedio	5% TUKEY
I	Pasto Braquiaria	PB	5.25	a
II	Pasto Elefante	PE	4.64	a
III	Viruta	V	4.27	b
IV	Bagazo de Caña	BC	4.23	b
V	Cascarilla de Café	CC	3.58	c
VI	Rastrojo de Maíz	RM	3.57	c

$$\text{AES (5\%)} = 4.37 \quad \text{DHS (5\%)} = 0.72$$

En la prueba de Tukey al 95% de certeza el tratamiento pasto braquiaria (PB) y pasto elefante son estadísticamente superiores a los demás tratamientos obteniendo una tasa de degradación de 5.25 % y 4.64 respectivamente.

Figura 20: Tasa de degradación con datos reales (*Pleurotus ostreatus*) para cada tratamiento.



En la Figura N° 20 se puede apreciar que el sustrato de pasto braquiaria (PB) y Pasto Elefante (PE) obtuvieron mayor % de tasa de degradación (27.61 %) y (21.65 %), respectivamente. seguidos por los Sustratos (tratamientos), Viruta - V (18.33 %), Bagazo de Caña - BC (17.91 %), Rastrojo de Maíz - RM (12.96) y Cascarilla de Café - CC (12.94)

4.1.6. Fenología del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Otro de los criterios que se evaluó es la fenología del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos (Tratamientos)

Cuadro 34: Ciclo de vida promedio del hongo *Pleurotus ostreatus* expresado en días.

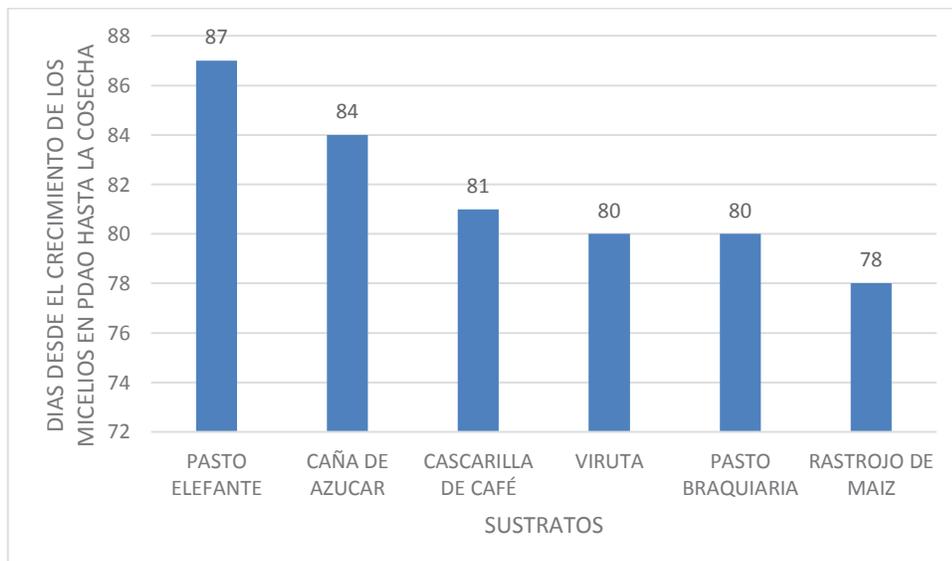
SUSTRATOS	CICLO DE VIDA DE <i>Pleurotus ostreatus</i> (días)							Σ
	CRECIMIENTO DEL MICELIO EN PDAO	CRECIMIENTO DEL MICELIO EN TRIGO	LLENADO DEL MICELIO EN EL SUSTRATO	APARICION DE LOS PIMEROS PRIMORDIOS	1ª OLEADA	2ª OLEADA	3ª OLEADA	
RASTROJO DE MAIZ	8	21	31	6	4	3	5	78
CANA DE AZUCAR	8	21	37	7	4	3	4	84
CASCARILLA DE CAFÉ	8	21	36	6	3	3	4	81
VIRUTA	8	21	36	8	3	4	-	80
PASTO BRAQUIARIA	8	21	35	9	4	3	-	80
PASTO ELEFANTE	8	21	39	9	5	5	-	87
PROMEDIO	8.0	21.0	35.7	7.5	3.8	3.5	2.2	

En el Cuadro N° 34. Se puede observar los días que demoró en desarrollarse los micelios del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes medios de cultivos o sustratos (tratamientos):

- La germinación de basidiosporas, germinan y dan lugar aún primer micelio en un medio de cultivo PDAO se dio en un promedio de 8 días.

- El crecimiento del micelio en trigo pre cocido se dio en un promedio de 21 días.
- El llenado de los sustratos (RM, BC, CC, V, PB y PE) con micelio se dio en un promedio de 36 días en condiciones de oscuridad total
- Después de la inducción de las bolsas con los sustratos (RM, BC, CC, V, PB y PE) se presenció la aparición de los primeros primordios al cabo de 8 días promedio
- Después de la aparición de los primordios en los sustratos (RM, BC, CC, V, PB y PE) al cabo de 4 días promedio se cosecho la primera oleada.
- Después de la primera cosecha (primera oleada) pasaron 4 días promedio para la cosecha de la segunda oleada.
- La cosecha de los basidiocarpos en la tercera oleada no se dio en todo los sustratos. los sustratos que cosecharon basidiocarpos en la tercera oleada es en RM, BC y CC.

Figura 21: Ciclo de vida del hongo Pleurotus ostreatus expresada en días en los diferentes sustratos desde el crecimiento de los micelios en PDAO hasta la última cosecha de los basidiocarpos.



En el tratamiento Rastrojo De Maíz (RM) el crecimiento del micelio se dio de manera rápida (78 días) a diferencia de los demás tratamientos como Pasto Elefante (PE) la cual demoró un poco más (87 días).

El crecimiento y desarrollo de los micelios en los diferentes sustratos son distintos tal caso se puede observar en el Cuadro N° 26, en la cual el micelio en el que demoró menor tiempo de crecimiento y desarrollo es en el sustrato de RM (31 días) seguido por los sustratos PB (35 días), CC (36 días), V (36 días), BC (37 días) y PE (39 días).

4.1.7. Evaluación de la rentabilidad económica de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 35: Cuadro de resumen de los costos total de beneficio bruto de toda las repeticiones.

SUSTRATO	PESO PROMEDIO de Basidiocarpos DE UN PANETON DE LAS TRES OLEADAS Kg.	COSTO UNITARIO DE 1Kg <i>Pleurotus ostreatus</i>	BENEFICIO BRUTO DE UN PANETON S/.	LAS UNIDADES EVALUADAS (Repeticiones)	TOTAL BENEFICIO BRUTO DE TODAS LAS (Repeticiones) S/.
RASTROJO DE MAIZ	2.223	S/. 30	66.696	5.0	333.48
BAGAZO DE CAÑA	2.142	S/. 30	64.260	5.0	321.30
CASCARILLA DE CAFÉ	2.163	S/. 30	64.884	5.0	324.42
VIRUTA	0.887	S/. 30	26.610	5.0	133.05
PASTO BRAQUIARIA	0.493	S/. 30	14.790	5.0	73.95
PASTO ELEFANTE	0.500	S/. 30	15.000	5.0	75.00

En el Cuadro N° 35 se resume todo el beneficio bruto que se calculó por sustrato. Se calculó el precio de beneficio bruto de cada unidad experimental vale decir bolsa o panetón como se le conoce, posteriormente se calcula las cinco repeticiones que se evaluaron de cada sustrato.

Cuadro 36: Índice de rentabilidad de los diferentes tratamientos tomando como base el peso de cada unidad experimental evaluado (bolsa con sustrato)

Tratamiento	Costo de 1k de Sustrato S/.	Costo de Producción Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.	Total Costo de Producción General S/.	Beneficio Bruto de Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.	Beneficio Neto de Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.	Relación Beneficio Costo Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.
Rastrojo de Maíz	2.0	22.327	27.192	66.70	39.50	1 : 1.45 *
Cascarilla de Café	3.0	22.327	27.192	64.88	37.69	1 : 1.39
Bagazo de Caña	2.0	22.327	27.192	64.26	37.07	1 : 1.36
Viruta	2.0	22.327	27.192	26.61	-0.58	1 : -0.02
Pasto Braquiaria	2.0	22.327	27.192	14.79	-12.40	1 : -0.46
Pasto elefante	2.0	22.327	27.192	15.00	-12.19	1 : -0.45

(*) Mayor índice de beneficio costo.

En el Cuadro N° 36, según el análisis económico realizado de beneficio costo, utilizando el índice de rentabilidad, el que mayor relación obtuvo fue el Rastrojo de Maíz (RM) donde se obtiene un beneficio neto de S/. 39.50 nuevo soles en una proporción de 1:1.45, la cual se interpreta que por cada S/. 1.00 nuevo sol que se invierta habrá una rentabilidad de S/. 1.45 nuevo soles; considerando que el precio de venta de 1 kg de hongo fresco en el mercado se ofrece a la suma de S/. 30.00 nuevo soles. El índice de rentabilidad se expresa a través de la relación beneficio neto sobre el total de costos. El cálculo de todo estos datos se pueden observar en el cuadro (a) de ANEXOS.

4.1.8. correlación entre los parámetros evaluados

Cuadro 37: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el número de basidiocarpos y rendimiento

	RM	BC	CC	V	PB	PE
X = Numero de basidios	54.8	53.6	51.8	25	21	19
Y = Rendimiento	889.28	714	393.24	354.8	246.5	166.67
Coeficiente de correlación lineal (r)						
Significancia		Coeficiente de determinación r² (%)				
r = 0.8451		*		CD = 71.42		

En el cuadro N° 37, nos indica que existe una correlación lineal positiva fuerte entre el número promedio de basidiocarpos y el rendimiento de *Pleurotus ostreatus*, ya que el coeficiente de correlación ($r = 0.8451$) se aproxima a 1, el coeficiente de determinación es de 71.42 % que representa el porcentaje de variación de Y = rendimiento respecto a X= número de basidiocarpos.

Cuadro 38: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el diámetro de basidiocarpos y rendimiento

	RM	BC	CC	V	PB	PE
X = diámetro de basidios	8.84	8.42	8.29	7.9	8.33	8.38
Y = Rendimiento	889.28	714	393.24	354.8	246.5	166.67
Coeficiente de correlación lineal (r)						
Significancia		Coeficiente de determinación r² (%)				
r = 0.650		*		CD = 42.24		

En el Cuadro N° 38, nos indica que existe una correlación lineal positiva muy fuerte entre las variables diámetro de píleo del Basidiocarpo y el peso promedio del Basidiocarpo, ya que el coeficiente de correlación ($r = 0.650$) se aproxima a 1, el coeficiente de determinación es de 42.24 % que representa el porcentaje de variación de $Y =$ peso promedio de Basidiocarpo respecto a $X =$ Diámetro de píleo de Basidiocarpo.

Cuadro 39: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre eficiencia biológica y rendimiento

	RM	BC	CC	V	PB	PE
X = eficiencia biológica	88.93	71.4	39.32	35.48	24.65	16.67
Y = Rendimiento	889.28	714	393.236	354.8	246.5	166.667
Coeficiente de correlación lineal (r)	Significancia		Coeficiente de determinación r^2 (%)			
r = 1	*		CD = 100			

En el Cuadro N° 39, nos indica que existe una correlación lineal positiva muy fuerte entre las variables eficiencia biológica y el rendimiento, ya que el coeficiente de correlación ($r = 1.00$), el coeficiente de determinación es de 100 % que representa el porcentaje de variación de $Y =$ rendimiento respecto a $X =$ eficiencia biológica.

Cuadro 40: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el diámetro del píleo y eficiencia biológica.

	RM	BC	CC	V	PB	PE
X = diámetro de basidios	8.84	8.42	8.29	7.9	8.33	8.38
Y = eficiencia biológica	88.93	71.4	39.32	35.48	24.65	16.67
Coeficiente de correlación lineal (r)						
Significancia		Coeficiente de determinación r² (%)				
r = 0.65		*		CD = 42.25		

En el Cuadro N° 40, nos indica que existe una correlación lineal positiva fuerte entre el diámetro promedio del píleo de basidiocarpos y eficiencia biológica *Pleurotus ostreatus*, ya que el coeficiente de correlación ($r = 0.65$) se aproxima a 1, el coeficiente de determinación es de 42.25 % que representa el porcentaje de variación de Y = eficiencia biológica respecto a X= diámetros del píleo de Basidiocarpo.

Cuadro 41: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el número de basidios y eficiencia biológica.

	RM	BC	CC	V	PB	PE
X = número de basidios	54.8	53.6	51.8	25	21	19
Y = eficiencia biológica	88.93	71.4	39.32	35.48	24.65	16.67
Coeficiente de correlación lineal (r)						
Significancia		Coeficiente de determinación r² (%)				
r = 0.8451		*		CD = 71.41		

En el cuadro N° 41, nos indica que existe una correlación lineal positiva fuerte entre el número promedio de basidiocarpos y eficiencia biológica *Pleurotus ostreatus*, ya que el coeficiente de correlación ($r = 0.8451$) se

aproxima a 1, el coeficiente de determinación es de 71.41 % que representa el porcentaje de variación de Y = eficiencia biológica respecto a X= número de basidiocarpos.

Cuadro 42: Coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el número de basidios y diámetro de píleo.

	RM	BC	CC	V	PB	PE
X = número de basidios	54.8	53.6	51.8	25	21	19
Y = diámetro de píleo	8.84	8.42	8.29	7.9	8.33	8.38
Coeficiente de correlación lineal (r)						
Significancia		Coeficiente de determinación r² (%)				
r = 0.5373		*			CD = 28.87	

En el Cuadro N° 42, nos indica que existe una correlación lineal positiva fuerte entre el número promedio de basidiocarpos y diámetro de píleo, ya que el coeficiente de correlación ($r = 0.8508$) se aproxima a 1, el coeficiente de determinación es de 72.38 % que representa el porcentaje de variación de Y = diámetro del píleo de basidiocarpos respecto a X= número de basidiocarpos.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Número de Basidiocarpos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, el sustrato que obtuvo mayor número de basidiocarpos es el rastrojo de maíz obteniendo un promedio de 54.8 unidades seguido posteriormente por bagazo de caña y cascarilla de café con 53.6 y 51.8 unidades respectivamente; estos promedios se obtuvieron de evaluar los números de Basidiocarpo promedio de las tres oleadas de los seis sustratos (tratamientos), cada tratamiento con cinco repeticiones. Hernández y López, (2009). Evaluaron el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca; los cuales obtuvieron el número de hongos cosechados por bolsa en promedio en cada sustrato se determinó a partir de las tres cosechas evaluadas a lo largo de la investigación obteniendo resultados: tusa de mazorca de maíz 51.4, seguido posteriormente por capacho de uchuva 34.5.

4.2.2. Diámetro del Píleo.

En el trabajo de investigación realizado el sustrato que obtuvo mayor diámetro de píleo del hongo *Pleurotus ostreatus* es el rastrojo de maíz con 8.84 cm y seguido por bagazo de caña con 8.42 cm; las cuales se registró los datos de los seis sustratos (tratamientos), cada tratamiento con cinco repeticiones. Para esta evaluación solo se tomaron en cuenta a los píleos que se evaluaron en el número de basidiocarpos promedio de las tres oleadas de cada repetición. La razón por que obtuvieron diámetros altos de píleo es por tener propiedades óptimas para el desarrollo de dicho hongo.

Comparativamente Simoni (2008), hace mención que los carpoforos de *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr) Kummer, varían el peso, tamaño (píleo y pie) y color de acuerdo al sustrato en el que se encuentran; siendo el tratamiento (chala de maíz 80% y afrecho 20%) en el cual se obtuvo carpoforos de mayor tamaño de 12 cm de diámetro del sombrero y 11cm de largo de píleo; y se obtuvo cosechas de mayor peso.

4.2.3. Rendimiento de Basidiocarpos

El Rendimiento kilogramos de hongo fresco/tm de sustrato que obtuvo mayor es el rastrojo de maíz 889.28 kg seguido posteriormente por el sustrato de bagazo de caña con 714 kg Para evaluar el rendimiento de Basidiocarpo del hongo *Pleurotus ostreatus* se registró los datos del peso en (g) de los basidiocarpos que median más de 6 cm de las tres oleadas recolectadas de cada unidad experimental en este caso de las 30 unidades (panetones).

Comparativamente Garzon (2008), hace mención que los pesos de cada cuerpo fructífero se clasifican en cada 5 g muestra la frecuencia y porcentaje del peso de cada cuerpo fructífero para la suma de las dos cosechas. Obtuvo en todos los tratamientos entre el 67% al 98% de los cuerpos fructíferos pesaron de 1 g a 15 g, en este mismo rango el diámetro de los sombreros fue de 3 cm a 8 cm.

Existen pocos trabajos realizados similares en nuestro país hecho por lo cual es muy difícil realizar discusiones con investigadores y con datos que se parezcan a mi tesis.

4.2.4. Eficiencia Biológica.

En el trabajo de investigación realizado el porcentaje más alto de Eficiencia Biológica con los datos reales (datos aun no convertidos), el sustrato (tratamiento) que obtuvo un mayor porcentaje es el Rastrojo de Maíz obteniendo 29.64 % y seguido de Bagazo de Caña (BC) con 23.80 % luego Cascarilla de Café , Viruta, Pasto Braquiaria y Pasto Elefante respectivamente.

Calderón (2009), determinó que ninguno de los tratamientos supera a la pulpa de café que se confirmó como el mejor sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus* con una eficiencia biológica de 128.19 por ciento, sin embargo entre los tratamientos evaluados el que presenta la mayor eficiencia biológica es suplementar la caña de maíz al momento de la inoculación con 113.62 por ciento.

Comparativamente Simoni (2008), menciona que La eficiencia biológica más elevada se obtuvo en el tratamiento chala de maíz 80% y afrecho 20% ya que se obtuvo una eficiencia biológica promedio de 46.75

4.2.5. Fenología del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

En el trabajo de investigación realizado el tratamiento Rastrojo De Maíz (RM) el crecimiento del micelio se dio de manera rápida (78 días) a diferencia de los demás tratamientos como Pasto Elefante la cual demoro un poco más (87 días).

Comparativamente Hernández y López (2009), menciona que el tiempo de corrida del micelio de *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos evaluados es de: 27 días en la tuza de mazorca de maíz, 23 días en cascara de arveja, 20 días en capacho de uchuva.

4.2.6. Evaluación de la rentabilidad económica de *Pleurotus ostreatus*.

Según el análisis económico realizado de beneficio costo, utilizando el índice de rentabilidad, el que mayor relación obtuvo fue el Rastrojo de Maíz (RM) donde se obtiene un beneficio neto de S/. 39.50 nuevo soles en una proporción de 1:1.45, la cual se interpreta que por cada S/. 1.00 nuevo sol que se invierta habrá una rentabilidad de S/. 1.45 nuevo soles; considerando que el precio de venta de 1 Kg de hongo fresco en el mercado se ofrece a la suma de S/. 30.00 nuevo soles. El índice de rentabilidad se expresa a través de la relación beneficio neto sobre el total de costos.

Comparativamente Córdova (2009), realizó un análisis económico, haciendo mención de que esta actividad podría generar una plaza de trabajo fija y una a tiempo parcial, dando una ganancia neta de unos U.S. \$ 420.00 por cosecha /mes.

V. CONCLUSIONES

1. El sustrato más adecuado para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* es el Rastrojo de Maíz (RM), el cual alcanzo alto número de basidiocarpos, diámetro de basidiocarpos y rendimiento con valores de 54.8 und, 8.84 cm y 889.28 kg.
2. El mas alto índice de eficiencia biología se registró en el sustrato de Rastrojo de Maíz obteniendo 88.93 % y seguido de Bagazo de Caña con 71.40 %.
3. El tiempo más corto de crecimiento y desarrollo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, se registró en el sustrato Rastrojo de Maíz (78 días) seguido por los sustrato de Pasto Braquiaria (80 días) y Viruta (80 días).
4. Los sustrato que obtuvieron las tasas más altas de Degradación es Pasto Braquiaria (27.61 %) y Pasto Elefante (21.65 %), por la gran capacidad de retención de humedad y buena compactación del sustrato, seguido por los otros sustratos que son estadísticamente iguales.
5. El sustrato de Rastrojo de Maíz presento el mejor resultado de producción por unidad de sustrato, obtuvo la relación de beneficio costo B/C (1: 1.45), seguidos por Cascarilla de café (1:1.39) y bagazo de caña (1:1.36).

VI. RECOMENDACIONES

1. Aprovechar los residuos agrícolas como el Rastrojo de maíz, Bagazo de caña y la Cascarilla de café como los más indicados para esta actividad, debido a que existen en abundancia en nuestra zona y son los más eficientes para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.
2. Impulsar la producción de los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* debido a que no requiere de mucha inversión pero los beneficios son altos
3. Incentivar el consumo del hongo *Pleurotus ostreatus* debido a que es una fuente de proteína barata y accesible para el poblador Convenciano, esto incrementara la calidad de vida del consumidor.
4. Realizar estudios similares utilizando otros sustratos ricos en lignina y celulosa y adecuadas para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).
5. Que el personal dedicado a la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* durante todo el proceso (propagación de semilla primaria, secundaria, siembra, incubación, producción y cosecha) debe seguir estrictas normas de higiene y utilizar su equipo de bioseguridad para alargar la vida útil del sustrato, generar mayores rendimientos y calidad del producto.
6. Realizar un estudio de mercado para la comercialización del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), para garantizar la sostenibilidad de la producción.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Aguilar G. y Martha E. (2003), aprovechamiento de cáscaras de pitaya para el crecimiento de Setas (*Pleurotus ostreatus*) en condiciones de laboratorio. Universidad Tecnológica de la Mixteca - Mexico.

Aldana M.; Alfredo, (2000), comparación de la eficiencia de producción de Inóculo primario del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* capa ECS 0110, en cinco granos. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía – Instituto de Investigaciones Agronómicas – Guatemala.

Arias A. y Hernández H. 2002. Composición Química Del Pasto Aguja (*Brachiaria humidicola*) Sometida A Pastoreo En Una Finca Del Municipio Guanare Estado Portuguesa Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2, Octubre, 562-565

Armas F. E. A., Cornejo M. N. C., Murcia Z. K. M., (2008). “Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva” Universidad De El Salvador - Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela De Ingeniería Industrial – El Salvador

Bermúdez, R. , Morris, H. Donoso, C, Fernández., Martínez, C. y Ramos, E. 2003. Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreus* var Florida. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial - Rev Cubana Invest Biomed 2003:22(4):226-31

CABI (Centro internacional para agricultura y biociencias), 2008. Species Fungorum (en línea). Estados Unidos.

Calderón, J. (2009), "Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (*Zea mays* L.) para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152)". Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Agronomía Instituto de Investigaciones Agronómicas.

Carhuarupay, K. 1998. evaluación del crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer en sustratos vírgenes y suplementados Cusco, Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Castro, B. y Chirinos, P. 1994. Avances en Nutrición y Alimentación de Cuyes, Crianza de Cuyes, Guía Didáctica, Universidad Nacional del Centro. Huancayo, Perú.

Ceballos A., Duarlen A. 2007 Evaluación Del Rastrojo De Maíz (*Zea mays*) L. y Hojarasca de Roble (*Quercus peduncularis*) Previo Al Cultivo Artesanal Del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus* Ecs 110) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía – Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales.

Cordova (2009), "estudio comparativo del crecimiento micelial del hongo (*Pleurotus ostreatus*) en acicuta de pino, bagazo de caña y bagazo de maíz." - Universidad del Azuay – Facultad de Ciencia y Tecnología – Escuela de ingeniería agropecuaria.

Díaz R. 2008. Caracterización Energética del Bagazo de Caña de Azúcar del Ingenio Valdez. Ecuador. Facultad de Mecánica Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba,

Ecuador. Curso Internacional: “Producción Y Aprovechamiento Energético De Biomasa”

Fajardo M, FA. 2001. Producción de *Pleurotus ostreatus* ECS 0110 Utilizando Como Sustratos Los Mantillos De Encino (*Quercus acatenangensis*), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) y Liquidambar (*Liquidambarsty raciflua*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.

Figuroa H. J. G., Mendoza A. J. 2010. Cuantificación de minerales K, Ca, Mg y P en pulpa y pergamino de café (*Coffea arabica* L. var. Typica) Universidad Técnica Particular de Loja, Centro de Transferencia de Tecnología e Investigación Agroindustrial (CETTIA). San Cayetano Alto, Calle Marcelino Champagnat, s/n, Loja, Ecuador.

Freundt, P. (2003). Producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional. Tesis de pregrado en Economía. Universidad de Piura. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Programa Académico de Economía. Piura, Perú.

García Ramos, D.A. 2000. Utilización de rastrojos de maíz (*Zea mays* L.) y cascarilla de arroz (*Oriza sativa* L.) como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.

Garzón Gómez J. P., Cuervo Andrade J. L. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.

Hernandes y Lopez, (2009). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana – Facultad de Ciencias – Carrera de Microbiología Industrial Bogotá, D.C.

Holgado, M. (2015), evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulosicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay-Ccorca, Cusco

IIAP, (1993), Aislamiento Y Cultivo Del Hongo Comestible *Pleurotus* Afín *Ostreatus* (Jacq. Ex Fr) Kumm En Tingo Maria

Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) 1978. Pulpa de café, composición, tecnología y utilización. Adaptado por Jairo Restrepo Rivera.

Instituto Nacional De Investigación Agropecuarias. 1983. Informes Técnico Anuales 1984-1992. Programa de Producción Estación Experimental Napo- Payamino. 1989. Manual de pastos tropicales. Quito, Ecuador.

Lazo Lemus, G. 2001. Determinación de la eficiencia del rastrojo de tomate (*Lycopersicon sculentum* Miller) y la corona del fruto de piña (*Ananas comosus* L.) Merrill) y sus mezclas en el cultivo de la Cepa ESC 0110 de *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.

Lee Pazos, J. E. 1990. “Determinación de macro y micronutrientes existentes en la pulpa de café sometida a degradación enzimática

para su utilización como abono orgánico”. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. USAC – Guatemala. Pág. 83.

López Ardón, C.E. 2004. Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodonplectos tachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* ECS-0112) Guatemala, USAC.

Mailer, R. 2000. Environmental Microbiology. Editorial Academic. San Diego, California. 346 pág.

Martínez, D. 2000. Cultivo de *Pleurotus spp.* sobre desechos agrícolas. Revista Biótica. Volumen 9. Pág. 243-248.

Mata, G. y Martínez Carrera D., 1998. Estimación de la producción de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. Revista Mexicana de Micología. Volumen 4. Pág. 287-296.

Mendoza Leonardo, AO. 2001. Evaluación del efecto de la pulpa del café (*Coffea arábica* L.) sobre el rendimiento y eficiencia biológica de la cepa ECS-0110 de *Pleurotus ostreatus* utilizando estopa de coco (*Cocus nucifera* L.) y estróbilos de pino (*Pinus spp.*) como sustratos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.

Monterroso Flores, O.G. 2007. Efecto De La Suplementación De La Caña De Maíz (*Zea Mays* L.) Con Nitrato De Amonio, Nitrato De Potasio Y Urea En El Cultivo Del Hongo *Pleurotus ostreatus*(Cepa ECS- 152). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.

- Montoya, E. 1994. "Inoculante para *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr) Kummer en tres sustratos" cusco Perú
- Oei, P. 2003. El cultivo del hongo. Revista tecnológica. Tercera edición. Publisher Backhuys. Leiden, Holanda.
- Ramírez Álvarez A. Guarín Barrero J. A. 2004. Estudio de Factibilidad Técnico – Financiero de un Cultivo de Hongo *Pleurotus ostreatus* Pontificia Universidad Javeriana – Facultad de Ingeniería – Carrera de Ingeniería Industrial Bogotá, DC.
- Rojas Domingo E. A. 2004. Evaluación de Paja de Trigo, *Triticum sativum*; Broza de Encino, *Quercus sp.* y Rastrojo de Maiz, *Zea mays*; Para El Cultivo Del Hongo Comestible *Pleurotus ostreatus* Bajo Condiciones Artesanales En San Rafael La Independencia, Huehuetenango
- Rojas Domingo, E. A. 2004. Evaluación de paja de trigo, *Triticum sativum*; broza de encino, *Quercus sp.* y rastrojo de maíz, *Zea mays*; para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael La Independencia, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.
- Romero O. et al., 2010. Producción de hongo *Pleurotus spp.* en diferentes sustratos. Revista Colombiana de Biotecnología online. 2010, vol.11, n.2, pp. 143-151. ISSN 0123-3475.
- Sánchez Vásquez, J. E. 1994. Producción de hongos comestibles. México, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste.
- Sánchez V. J. E; Royse, D. 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* México, Limusa.

Sánchez, J. E., G. Mata. 2012. "Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural" - *Instituto de Investigaciones Forestales. Universidad Veracruzana. Parque Ecológico El Haya, Col. Benito Juárez, Xalapa, Veracruz, México.*

Simoni, L. (2008), cultivo de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (jacquin. Ex. Fr) Kumer en residuos lignocelulósicos de la región del cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Biológicas, Carrera Profesional de Biología

Tuchan R. O. E. 2004. Evaluación del Efecto de la Pulpa de Café (*Coffea arábica*) en el Incremento de la Eficiencia Biológica de la Cepa *Inireb-8* de *Pleurotus ostreatus* Utilizando Cascara de Cacao (*Theobroma cacao*) y Bambu (*Bambusa vulgaris* Var. *striata*) Como Sustratos Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Agronomía Instituto De Investigaciones Agronómicas.

Universidad Austral De Chile. 2005. Calidad Nutritiva Forrajera.

Vargas P. S., Hoyos J. L., Mosquera S. A. 2012. Uso De Hojarasca De Roble Y Bagazo De Caña En La Producción De *Pleurotus ostreatus* Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia.

Venturella, G. 2007. Red List of threatened species *Pleurotus nebrodensis* (en línea). Estados Unidos. IUCN.

ANEXOS

a) Presupuesto general

COSTOS DE PRODUCCIO DE <i>Pleurotus ostreatus</i>				
	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	TOTAL
GASTOS DIRECTOS				S/. 2,065.25
A. Producción de Semilla				S/. 922.50
Cepa de <i>Pleurotus ostreatus</i>	Unid.	1.00	450.00	450.00
Placas Petri descartable (20 unid)	Paquete	5.00	20.00	100.00
Agar Agar	Kg.	0.50	18.20	9.10
Dextrosa	Kg.	0.20	17.00	3.40
Papa	Kg.	3.00	2.00	6.00
Bolsas de Plástico de Polipropileno (6x15)	Unid.	1.00	4.00	4.00
Bolsas de Plástico de Polipropileno (13x20)	Unid.	1.00	8.00	8.00
Tubos de ensayo	Unid.	10.00	2.00	20.00
Cinta para sellar Placas Petri (para film)	Unid.	1.00	10.00	10.00
Trigo pelado	Kg.	15.00	3.50	52.50
Cocina eléctrica	Unid.	1.00	20.00	20.00
Mechero de alcohol	Unid.	1.00	10.00	10.00
Alcohol de 96° 1 Lt	Unid.	2.00	14.00	28.00
Jabón líquido 400 ml	Unid.	2.00	6.50	13.00
Hipoclorito sódico 625 g	Unid.	4.00	2.00	8.00
Papel toalla	Unid.	3.00	5.00	15.00
Algodón de 500 gr.	Unid.	2.00	16.00	32.00
Plumón indeleble	Unid.	2.00	2.00	4.00
Bandas de goma # 18, 1/4de libra aprox.	Paquete	1.00	3.50	3.50
Sacabocado	Unid.	1.00	10.00	10.00
Espátula	Unid.	1.00	8.00	8.00
Cernidor de plástico	Unid.	1.00	6.00	6.00
Oxitetraciclina	Unid.	3.00	3.00	9.00
Mandil	Unid.	1.00	80.00	80.00
Guantes	Unid.	4.00	2.50	10.00
Mascarilla	Unid.	2.00	1.50	3.00

B. Preparación de sustrato				S/. 501.00
Bolsas de Plástico de Polipropileno (13x20)	Unid.	3.00	8.00	24.00
Cilindro modificado para desinfección de sustratos	Unid.	1.00	300.00	300.00
Guantes	Unid.	5.00	2.00	10.00
Lavadores	Unid.	3.00	10.00	30.00
Machete	Unid.	1.00	10.00	10.00
Sacos	Unid.	10.00	2.50	25.00
Alcohol de 96° 1 Lt.	Unid.	1.00	14.00	14.00
Leña	paquete	10.00	3.50	35.00
Bolsas de plástico oscuro 100 unid	paquete	1.00	8.00	8.00
Letrero de tesis (gigantografía)	Unid.	1.00	45.00	45.00

C. Incubación e Inducción de basidiocarpos				S/. 254.00
Acondicionamiento del local	Global	1.00	150.00	150.00
Algodón de 500 gr.	Unid.	3.00	13.00	39.00
Termómetro Máxima y Mínima -40 a +50 C	Unid.	1.00	15.00	15.00
Bisturí	Unid.	1.00	5.00	5.00
Plástico	mt	5.00	8.00	40.00
Aspersor manual	Unid.	1.00	5.00	5.00
D. Mano de obra	Global	1.00	200.00	200.00
E. Imprevisto (10%)				187.75

GASTOS INDIRECTOS				450.00
A. Sustratos				450.00
Rastrojo de Maiz	Kg.	45.00	2.00	90.00
Bagazo de Caña	Kg.	45.00	2.00	90.00
Cascarilla de Café	Kg.	50.00	3.00	150.00
Viruta	Kg.	20.00	2.00	40.00
Pasto Braquiaria	Kg.	20.00	2.00	40.00
Pasto Parada	Kg.	20.00	2.00	40.00
TOTAL				S/. 2,515.25

b) Cuadro para calcular relación Beneficio Costo para cada unidad experimental (bolsa o panetón)

SUSTRATOS	Peso de Cada Unidad Experimental (bolsa) Kg.	Nº de repeticiones	Peso de los Cinco Tratamientos Kg.	Costo General S/.	Gastos Directos S/.	Costo de Producción Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.	Total Costo de Producción General S/.	Total Beneficio Bruto de Todas las (Repeticiones) S/.	Beneficio Bruto de Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.	Beneficio Neto de Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.	Relación Beneficio Costo Cada Unidad Experimental (bolsa) S/.
	A	B	A X B	CG	GD	GD/(ΣAXB)	CG/(ΣAXB)	BB	BB/B	(BB/B)-(CG/(ΣAXB))	
Rastrojo de Maíz	2.5	5	12.5	2515.25	2065.25	22.33	27.19	333.48	66.696	39.50	1 : 1.45
Bagazo de Caña	3	5	15	2515.25	2065.25	22.33	27.19	321.30	64.26	37.07	1 : 1.36
Cascarilla de Café	5.5	5	27.5	2515.25	2065.25	22.33	27.19	324.42	64.884	37.69	1 : 1.39
Viruta	2.5	5	12.5	2515.25	2065.25	22.33	27.19	133.05	26.61	-0.58	1 : -0.02
Pasto Braquiaria	2	5	10	2515.25	2065.25	22.33	27.19	73.95	14.79	-12.40	1 : -0.46
Pasto Elefante	3	5	15	2515.25	2065.25	22.33	27.19	75.00	15	-12.19	1 : -0.45

Foto N° 01. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus*



Foto N° 02. Supervisión del asesor biólogo Rubén Casafranca



Foto N° 03. Recolección de los basidiocarpos.



Foto N° 04. Evaluación del peso de los basidiocarpos.



Foto N° 05. Evaluación del tamaño de basidiocarpos



Foto N° 06. Evaluación del número de basidiocarpos.



Foto N° 07. Secado a sol de los basidiocarpos para conservarlos.



Foto N° 08. Exposición de la tesis en el municipio de Maranura (preparación de platos típicos a base de hongo *Pleurotus ostreatus*)

