



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONÓMICA



**PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.
Kumm) SOBRE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS EN LA
PROVINCIA DE PUNO**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. LEYDEN MACCAPA POCCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Con especial cariño y gratitud, a mi madre María que con su cariño y comprensión, me apoyó durante toda mi vida,

A mis hermanos Víctor, Eulogio, Raúl, Norca y Vilma, por su constante apoyo moral y espiritual. Sin su ayuda y comprensión no lo hubiera logrado.



AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento es para Dios; por ayudarme en los momentos más difíciles y frustrantes, por darme ese ánimo que tanto necesitaba para seguir adelante y nunca rendirme.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por todas las enseñanzas y conocimientos que me brindaron durante los años de mi formación profesional.

Al D.Sc. Luis Alfredo Palao Iturregui, por su colaboración en el asesoramiento, la dirección, ejecución y culminación del presente trabajo de Investigación.

A los miembros del jurado D.Sc. Evaristo Mamani Mamani, D.Sc. Ernesto Javier Chura Yupanqui, y el M.Sc. Fredy Grimaldo Calizaya Llatasi, por la revisión y enriquecimiento de esta tesis

Por supuesto, mi más sincero agradecimiento a toda mi familia, a quienes amo y agradezco infinitamente la comprensión y el apoyo invaluable que me han brindado en cada uno de mis logros en la vida. Muchas gracias de todo corazón a mi madre por su incansable fortaleza para iluminar mi vida y mi andar, a mis hermanos Norca, Vilma y Raul por haberme motivado cuando más los necesitaba. A mis sobrinos Flor, Angie y Rafael para que en un futuro lleguen a conseguir un mejor porvenir. Gracias a toda mi familia por el amor y la confianza que siempre me han brindado. Los amo mucho.

A todos mis amigos que me apoyaron durante el transcurso de esta investigación, sin ellos esta experiencia no hubiera sido la misma.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN 8

ASBTRACT..... 9

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. OBJETIVO GENERAL 11

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 11

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 13

2.2. MARCO TEORICO 14

2.2.1. Generalidades de los sustratos 14

2.2.2. Tipos de sustrato 14

2.2.3. Subproductos del cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). 15

2.2.4. Totora (*Schoenoplectus tatora* Kunth Palla) 15

2.2.5. Rastrojo de Avena (*Avena sativa* L.) 16

2.2.6. Definición de hongos comestibles 17

2.2.7. *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm 18

2.2.8. *Clasificación taxonómica del hongo* 18

2.2.9. Características del género 18

2.2.10. Ciclo biológico de *P. ostreatus* (Jacq.) P. Kumm 19



2.2.11. Valor nutritivo de los hongos	20
2.2.12. Propiedades medicinales del hongo <i>Pleurotus spp.</i>	21
2.2.13. El hongo y su hábitat	22
2.2.14. Requerimientos nutricionales	23
2.2.15. Etapas del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	24
2.2.16. Producción de hongo comestibles en el Perú	30

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO	32
3.2. MATERIALES INSUMOS, EQUIPOS E INSTALACIONES	32
3.3. MÉTODOS.....	33
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MODELO ESTADÍSTICO	34
3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL Y SU DISTRIBUCIÓN	35
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	36
3.7. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.....	44

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO (%)	47
4.2. EFICIENCIA BIOLÓGICA.....	49
4.3. TASA DE PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA (%)	52
4.4. ETAPAS DEL CULTIVO.....	55
4.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO	56
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES	59
VII.BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS.....	66

Área : Ciencias Agrícolas

Tema : Manejo agronómico de hortalizas, forestales plantas ornamentales, aromáticas y medicinales

FECHA DE SUSTENTACION 19 DE MARZO DEL 2021



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis proximal de broza y residuos de trilla de grano de quinua	15
Tabla 2. Composición química de la totora	16
Tabla 3. Composición química de rastrojo de avena	17
Tabla 4. Contenido Nutricional del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
Tabla 5. Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento.	23
Tabla 6. Especies de hongos comercializados en Perú	31
Tabla 7. Principales marcas de hongos ostra en el mercado nacional	31
Tabla 8. Materiales e insumos utilizados en el experimento	32
Tabla 9. Equipos utilizados en el experimento	33
Tabla 10. Instalaciones utilizadas en el experimento	33
Tabla 11. Detalles de los tratamientos en estudio.....	34
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable rendimiento	47
Tabla 13. Prueba de Tukey para las medias del Rendimiento	48
Tabla 14. Rendimientos de <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.)	49
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable Eficiencia Biológica (%)	50
Tabla 16. Prueba de Tukey para las medias de eficiencia biológica (%)	50
Tabla 17. Eficiencia biológica (%) de <i>Pleurotus ostreatus</i>	52
Tabla 18. Análisis de varianza para la variable tasa de producción(%/día)	53
Tabla 19. Prueba de Tukey para las medias de tasa de producción (%/día).....	53
Tabla 20. Tasa de producción (%) de <i>Pleurotus ostreatus</i>	55
Tabla 21. Etapas del cultivo de hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i>	56
Tabla 22. Resumen de los costos total de beneficio bruto según repeticiones	57



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de la vida de los Hongos Basidiomycetes.....	19
Figura 2. Ubicación de las unidades experimentales dentro del ambiente	35
Figura 3. Proceso de construcción de la estructura del ambiente.....	36
Figura 4. Recubrimiento del ambiente	37
Figura 5. Semilla del Hongo ostra	37
Figura 6. Tratamiento de los 3 sustratos lignocelulósicos.....	38
Figura 7. Proceso de esterilización y control de temperatura	39
Figura 8. Oreado de los sustratos lignocelulósicos.....	39
Figura 9. Proceso de inoculación.....	40
Figura 10 Proceso de incubación.....	41
Figura 11. Proceso de inducción a la fructificación	42
Figura 12. Proceso de la cosecha de las unidades experimentales	43
Figura 13. Rendimiento promedio de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> (%)	48
Figura 14. Eficiencia biológica promedio de <i>Pleurotus ostreatus</i> (%) por tratamientos	51
Figura 16. Tasa de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> (%) por tratamientos.....	54



RESUMEN

En la región de Puno anualmente se genera más de 100,000 toneladas de residuos lignocelulósicos siendo subproductos de la actividad agrícola regional, parte de ello son utilizados para la alimentación del ganado y la gran mayoría son quemados o abandonados en el terreno. Es por ello, que el cultivo de hongos comestibles constituye una alternativa sustentable de aprovechamiento de este tipo de residuos, tanto por sus propiedades nutritivas, como por su relativa facilidad de implementar la tecnología de producción. El presente trabajo fue realizado en los meses de Abril – Setiembre del año 2019, en el Centro poblado de Yanamayo del distrito y provincia de Puno, ubicado en las coordenadas UTM 389,375 E y 8'251,507 S 19L a una altitud 3991 m.s.n.m. Los objetivos de estudio fueron: a) Determinar el rendimiento del cultivo de hongo ostra sobre sustratos a base de residuos lignocelulósicos; b) Evaluar la eficiencia biológica del cultivo hongo ostra; d) Evaluar la tasa de productividad del cultivo hongo ostra; e) Registrar las etapas de producción del hongo ostra y; f) Estimar los costos de producción y análisis económico de la producción del hongo ostra. El presente estudio ha tenido un enfoque cuantitativo, con un diseño tipo experimental. El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar, con 3 tratamientos y 7 repeticiones. Como material experimental se utilizó el hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Los tratamientos fueron conformados por 3 residuos lignocelulósicos (sustrato de paja de avena, heno de totora y broza de quinua), los mismos que han sido sometidos a un proceso de deshidratación, picado, esterilización, inoculación, fructificación y cosecha. Los resultados obtenidos fueron: a) La utilización del sustrato de paja de avena y heno de totora, tuvieron mejor respuesta en el rendimiento promedio en el hongo ostra con 24.11 y 22.25%. b) La utilización del sustrato de paja de avena y heno de totora, tuvieron mejor respuesta en la eficiencia biológica del hongo ostra con 86.8 y 79.6% promedio respectivamente. c) En el sustrato de heno de totora el hongo ostra presentó la tasa de productividad más alta con 1.34 %/día. d) Se ha registrado 4 etapas de producción (Siembra, incubación, inducción a la fructificación y cosecha) con una duración del ciclo productivo de 74 – 105 días. e) El tratamiento con mayor rentabilidad corresponde al sustrato a base de heno de totora con una relación Beneficio/costo de 1.7.

Palabras Clave: Residuos lignocelulósicos, *Pleurotus ostreatus*, valorización, alimentos nutraceúticos



ABSTRACT

In the Puno region, more than 100,000 tons of lignocellulosic waste are generated annually, being by-products of regional agricultural activity, part of it is used to feed livestock and the vast majority are burned or abandoned on the ground. That is why the cultivation of edible mushrooms constitutes a sustainable alternative for the use of this type of waste, both for its nutritional properties and for its relative ease of implementing production technology. This work was carried out in the months of April - September of the year 2019, in the town of Yanamayo in the district and province of Puno, located at UTM coordinates 389.375 E and 8'251.507 S 19L at an altitude of 3991 m.s.n.m. The study objectives were: a) To determine the performance of the oyster mushroom culture on substrates based on lignocellulosic residues; b) Evaluate the biological efficiency of the oyster mushroom culture; d) Evaluate the productivity rate of the oyster mushroom crop; e) Record the production stages of the oyster mushroom and; f) Estimate production costs and economic analysis of oyster mushroom production. The present study has had a quantitative approach, with an experimental type design. The experiment was conducted under a completely randomized design, with 3 treatments and 7 repetitions. The oyster fungus *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm was used as experimental material. The treatments were made up of 3 lignocellulosic residues (oat straw substrate, cattail hay and quinoa brush), which have been subjected to a dehydration, chopping, sterilization, inoculation, fruiting and harvesting process. The results obtained were: a) The use of the substrate of oat straw and cattail hay, had a better response in the average yield in the oyster mushroom with 24.11 and 22.25%. b) The use of the substrate of oat straw and cattail hay had a better response in the biological efficiency of the oyster fungus with 86.8 and 79.6% average respectively. c) In the reed hay substrate, the oyster fungus presented the highest productivity rate with 1.34% / day. d) There have been 4 production stages (sowing, incubation, induction to fruiting and harvest) with a duration of the productive cycle of 74-105 days. e) The treatment with the highest profitability corresponding to the reed hay-based substrate with a benefit / cost ratio of 1.7.

Key Words: Lignocellulosic residues, *Pleurotus ostreatus*, valorization, nutraceutical foods



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los procesos productivos agroindustriales generan residuos de diverso tipo, calidad y de cantidad, que conlleva a la acumulación de toneladas de sub productos de carácter orgánico que no solo están siendo desaprovechados, sino que al no contar con sistemas adecuados de disposición o reaprovechamiento generan impactos negativos al medio ambiente. Se estima que el 80% de los residuos agrícolas de los países en vías de desarrollo son quemados, apenas el 15% sirve como alimento para animales, el 4.5 % se reincorpora al suelo sin haberse realizado una descomposición previa y el restante 0.5% se usa como materia prima en industrias como la papelera y aglomerados (Vargas et al. 2001).

Los residuos lignocelulósicos son considerados como los más abundantes en el planeta, llegando a generar hasta 200 billones de toneladas por año. De ahí que su degradación y uso resulte de suma importancia para el reciclado de diferentes elementos (carbono, oxígeno, azufre, agua, etc.) y el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos en nuestro planeta. Este tipo de residuos orgánicos está constituido por estructuras complejas de lenta y difícil degradación que puede permanecer en el medio ambiente durante años casi sin sufrir alteraciones. (Sanchez et al. 2016).

En el Perú se estima que el 49% de los residuos sólidos generados en el sector agrícola, son origen orgánico destinados para su tratamiento y reaprovechamiento. Sin embargo, el inadecuado manejo de estos residuos provoca una acumulación excesiva de los desechos reciclables en los centros de acopio, incrementando la proliferación de vectores de enfermedades, como también la degradación estética del ambiente que a la vez genera un descontento en la población (Silva, 2014).

En la región de Puno se ha identificado que existen residuos lignocelulósicos abundantes y de fácil disponibilidad, los cuales están siendo desaprovechados y se tiene escasa información sobre su potencial ecológico y económico. Tal es el caso del cultivo de Quinoa se desecha el 87% de la biomasa que conlleva a la acumulación de toneladas de sub productos celulósicos que tiene poca utilidad. Por otro lado, la totora es un recurso renovable abundante en el ecosistema lacustre, que actualmente es siendo utilizada únicamente como material para artesanías, alimento para animales y para construir las



islas flotantes de Uros, según Aranibar (2008) los ribereños del lago Titicaca solo hacen uso del 2% del total de Has existentes y no aciertan que hacer con el resto de totorales y optan por quemarlas.

Los hongos del género *Pleurotus* sp., 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 (Ceballos, 2007 citado en Cárdenas). Convirtiéndose en una opción nutritiva importante para el país, debido al alto valor nutritivo que posee: Vitaminas B1 B2 y D, gran mayoría de aminoácidos esenciales, calcio, fósforo, potasio y hierro, bajo contenido de grasas, carbohidratos y sodio. Además, tiene un bajo costo de producción, requiere áreas pequeñas para cultivarlo, su ciclo de producción es corto; y, debido a que es un organismo heterótrofo, los medios o materiales que se requieren para su desarrollo y crecimiento son sencillos (Santos , 2008).

En la región de Puno, se tienen pocas alternativas atractivas de reaprovechamiento residuos orgánicos abundantes de la actividad agrícola, industrial y forestal de manera eficiente y sustentable en la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Asimismo, existe una escasa tradición cultural y culinaria de su consumo, ignorando sus propiedades de alta calidad nutricional y medicinal. El presente estudio servirá como punto de partida para realizar más investigaciones para revalorar y recuperar el hábito en el consumo ancestral de hongos nativos propios de nuestro ecosistema altiplánico. Finalmente, con el proyecto se promueve la diversificación de actividades productivas potenciales de reaprovechamiento y maximización del uso y manejo de los recursos disponibles hace relevante la presente investigación. Por lo tanto, los objetivos de esta investigación son las siguientes:

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad productiva del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm cultivado sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el rendimiento del cultivo de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre sustratos a base de residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno.



- Evaluar eficiencia biológica del cultivo hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre los diferentes sustratos en la provincia de Puno.
- Evaluar la tasa de productividad del cultivo hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre los diferentes sustratos en la provincia de Puno.
- Registrar las etapas de producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre los diferentes sustratos en la provincia de Puno.
- Estimar los costos de producción y análisis económico de la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre los diferentes sustratos en la provincia de Puno.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Un primer trabajo corresponde a Holgado (2018), quien realizó la: “Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* (jacq.ex fr.) kumm en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay- Ccorca, Cusco: donde reporto ciclos de cultivo cortos con 65 y 84 días para dos épocas del año, acondicionado en módulos de producción en las viviendas de los comuneros. La producción ha sido evaluada mediante indicadores como la eficiencia biológica (EB), variables fenológicas, alcanzando los carpóforos tamaños ideales para su comercialización (3-12cm) con EB de 94% y 60%.

Un segundo trabajo de Cáceres (2018), concluye en su trabajo titulado “Cultivo de Champiñon ostra (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos de quinua y cebada, y efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante” realizado en la Universidad Nacional del Altiplano, que el sustrato conformado por 70% cebada + 30% quinua obtuvo mayor rendimiento con 53.13%, sustrato compuesto por 61% celulosa, 16.91% hemicelulosa, 37.80% lignina y 0.73 nitrógeno. Para la conservación de champiñon ostra las mejores condiciones fueron: 2.5% de cloruro de calcio y 4°C.

Por otro lado, Toledo (2008), en su trabajo “Residuos de Maíz y Quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*”, ejecutado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Ecuador ha concluido que el tratamiento con una proporción de 70:30 de tuza-quinua, ha obtenido el mejor rendimiento (51,52%); eficiencia biológica (96.67%). Mientras que los tratamientos de quinua y tuza 100% dieron los más altos porcentaje de proteína con valores de 32.12% en quinua y 33.69% en tuza, respectivamente.



2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Generalidades de los sustratos

Los sustratos son la única fuente de alimento para los organismos descomponedores, por lo tanto, las cualidades y cantidades de los nutrimentos deben ser suficientes para permitir a éstos cumplir sus funciones (crecimiento, regulación y reproducción).

2.2.2. Tipos de sustrato

a) Sustratos naturales

Son sustratos que corresponden principalmente a troncos y ramas en los que el hongo es inoculado directamente, sin realizarse ningún tipo de tratamiento de esterilización, esto se puede realizar sin problemas porque durante la incubación y fructificación el cultivo se realiza manteniendo la corteza de los propios troncos, la que constituye una barrera física y química muy efectiva contra la invasión de hongos contaminantes. A pesar de lo anterior, muchos troncos se contaminan por los cortes (en la superficie transversal), sin embargo, estas contaminaciones se consideran tolerables en el cultivo, siendo posibles de controlar con el uso de desinfectantes adecuados, como el agua oxigenada (Pavlich, 2001 citado en Ramos, 2018, p. 25).

b) Sustratos artificiales

Son una mezcla de distintas sustancias orgánicas e inorgánicas sobre una matriz de material lignocelulósico, que en conjunto o por separado tienen un alto valor nutritivo para un gran número de microorganismos y que, además, son sustancias relativamente simples a las cuales estos microorganismos pueden acceder sin dificultad. Es indispensable someter al sustrato a un tratamiento físico o químico que elimine o disminuya la carga de microorganismos contaminantes.

Este tratamiento, junto con el pool de nutrientes que posee la mezcla, convierte al sustrato en una matriz altamente selecta para el crecimiento del hongo comestible que es inoculado o sembrado en este sustrato. El sustrato artificial tiene una cierta relación C:N, pH, humedad, grado de compactación, granulometría, que permiten el rápido crecimiento vegetativo y reproductivo del hongo que es inoculado sobre o dentro de él y, estas propiedades más las condiciones ambientales, determinan finalmente el éxito del cultivo (Pavlich, 2001 citado en Ramos, 2018, p. 25).

2.2.3. Subproductos del cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).

Según DRA - Puno (2019) la Dirección Agraria de Puno en la Campaña agrícola 2017 – 2018 la superficie cosechada de Quinua fue de 35,916 Has. El rendimiento de la broza bordea los 5000 kg/Ha y los restos de la trilla pueden significar alrededor de 200 kg adicionales (Baltazar, 2016). Por tanto, se estima que se genera 175,580 toneladas de broza y 7,138 toneladas de jipi, de los cuales la broza tiene poca utilización como alimento para el ganado, sin embargo; se ha determinado que es mejor en su estado tierno, ya que cuando este llegue a su madurez fisiológica el contenido de las lignocelulosas es mayor lo cual hace que el alimento sea no digerible puesto que se relaciona con el contenido de lignina (Chambi y Cancapa, 2012); destinándose generalmente para la elaboración de “likta” que es un aditivo mineral elaborado de las cenizas de la broza, utilizado en el masticado de coca (*Erythroxylin coca*).

Tabla 1. Análisis proximal de broza y residuos de trilla de grano de quinua

Nutrimiento	Broza de quinua	Residuos de trilla de grano de quinua
Materia seca	92.37	90.0
Proteína g/100g MS	7.53	10.7
Grasa g//100g MS	1.59	-
Fibra cruda g/100g MS	42.90	-
Cenizas g/100 MS	11.41	9.9
Extracto no nitrogenado g/100g	36.57	-

Fuente. (FAO, 2011)

2.2.4. Totora (*Schoenoplectus tatora* Kunth Palla)

La totora es una macrófita o planta acuática emergente que vive en aguas poco profundas, arraigada al substrato, carente de hojas, cuyos tallos emergen del agua, alcanzando alturas entre 2 a 3 m. es una planta vivaz, cuyos tallos se secan en el periodo frío y seco, entre mayo a octubre (6 meses), iniciando el rebrote en la época de transición a partir de órganos “subterráneos” o rizomas, que persiste en la época fría (Florez y Ocola, 2007 citado en Condori, 2010).

La totora es una planta inaprovechada y mal manejada parcialmente, según Aranibar (2008), los ribereños del lago Titicaca solo hacen uso del 2% del total de

hectáreas existentes y no aciertan qué hacer con el resto de hectáreas de totorales y optan por quemarla, según los ribereños para que ésta vuelva a rebrotar, ignorando que con ello se genera mucha contaminación, extinción de la fauna silvestre y de algunas especies de plantas.

Gutiérrez (2014) estima que el área de totorales que existe en la Reserva Nacional del Titicaca - Sector Puno, es de 14,230.06 ha, y la producción primaria verde y seca de los totorales, es 134,61 t/ha, y 27,90 t/ha respectivamente (Pelinco, 2017).

a) Composición química de la totora

Tabla 2. Composición química de la totora

Composición	Tierna	Madura
Humedad	82.8%	78.7
	100% de materia seca	
Grasa buta	1.50	1.80
Fibra detergente neutra	70.2	70.7
Fibra detergente ácido	44.9	51.7
Proteína cruda	10.5	6.5
Ceniza total	7.2	9.1
Carbohidratos no fibrosos	10.6	11.9

Fuente: (Roque et al. 2000)

2.2.5. Rastrojo de Avena (*Avena sativa L.*)

La avena es un importante cultivo cerealero en las zonas templadas del mundo. Las avenas de invierno se usan extensamente para pastura y heno, siendo deseables para este fin las siguientes características: crecimiento vigoroso de las plantas, abundante ahijamiento y abundante. Las variedades de hábito erguido producen más forraje al principio del otoño, pero menos en los meses de invierno, que las variedades de hábito postrado. Comúnmente las variedades de hábito erguido son menos resistentes a las bajas temperaturas que las de hábito postrado. Esto los hace menos deseables para pastorea afines de otoño y en invierno. Las variedades altas y de crecimiento vigoroso producen rendimiento más alto de heno que las de paja corta (Córdova, 1971 citado en Ramos, 2018, p. 33).

Tabla 3. Composición química de rastrojo de avena

Composición		%
Nutrientes	digestibles	50.00
totales		
Proteína cruda		4.00
Proteína cruda digestible		0.80
Fibra cruda		40.00
Calcio		0.21
Fósforo		0.11
Potasio		1.51

Fuente: (Reyes, 1990 citado en Ramos, 2018, p. 33).

2.2.6. Definición de hongos comestibles

Como afirman Mata & Martínez (2008), los hongos pertenecen al reino Fungi, un grupo muy diferente al de las plantas y animales. Contrario de las plantas, los hongos no producen su propio alimento, sino que dependen de otros organismos y su descomposición para alimentarse; estos pueden ser saprófitos, simbióticos o parásitos. Forman hifas las cuales son pequeños hilos que se originan de las esporas. Las hifas, al expandirse y desarrollarse, formarán una masa blanca y algodonosa llamada micelio, la cual dará lugar a las estructuras reproductivas.

Por otro lado, Agrios (1995) menciona que los hongos comestibles pertenecen en su mayoría a la sub división Basidiomycotina y son cultivados bajo ambiente controlado, ya que al ser independientes de otros seres vivos solo basta desarrollar un sustrato lignocelulósico determinado y entregar las condiciones de temperatura, ventilación, humedad y luz adecuadas para lograr que estos hongos crezcan y fructifiquen.

Chang & Miles (2004) afirman que el cultivo de hongos comestibles es una actividad que se desarrolla desde hace más de doscientos años en Europa con el cultivo del champiñón (*Agaricus* sp.) y oreja de negro (*Auricularia* sp.). Estos sistemas productivos eran considerados extensivos, dado que en el caso del Champiñón se recolectaba del estiércol del caballo. En tanto, las orejas de negro eran recolectadas de troncos de bosques. Con el correr del tiempo, la demanda provoco que se generaran sistemas productivos más eficientes y por ende rentables. Así, se fundaron centros de investigación de excelencia en el cultivo intensivo, entre los que destacan el INRA (Francia) y el Centro de Investigación del Champiñón (Holanda).

2.2.7. *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm

Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm es un hongo saprofítico o parásito débil, descomponedor del grupo de la podredumbre blanca que crece de forma natural en árboles como aliso, balso y arce, principalmente en los valles de los ríos. La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al píleo. La palabra *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Stamets P. , 2000).

2.2.8. Clasificación taxonómica del hongo

Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm, se ubica en la siguiente clasificación taxonómica (Santos , 2008).

Reino: Fungi
División: Basidiomycota
Subdivisión: Basidiomycotina
Clase: Basidiomycetes
Subclase: Holobasidiomycetidae
Orden: Agaricales
Familia: Tricholomataceae
Género: *Pleurotus*
Especie: *ostreatus*

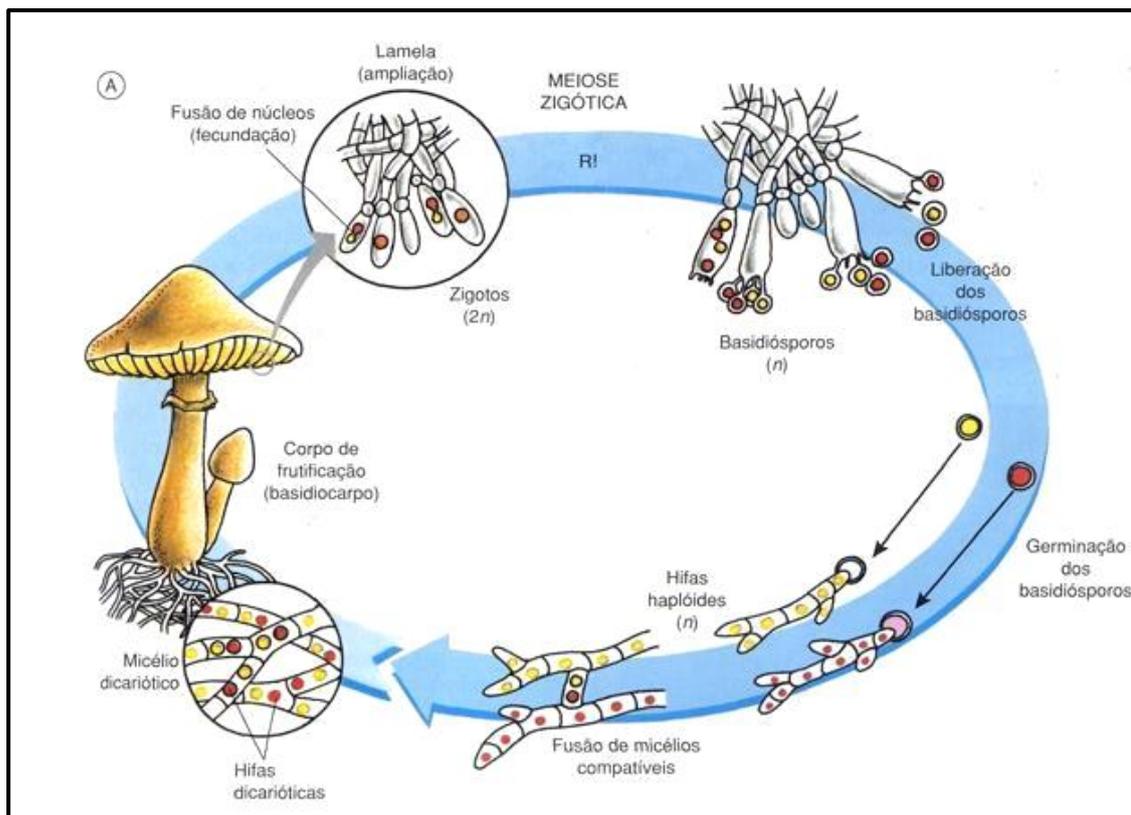
2.2.9. Características del género

El hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) cambia color desde su desarrollo inicial hasta su madurez, entre tonalidades blancas hasta el gris pardo-azulado, llegando a una presentación final de color amarillo oscuro. El carpóforo o sombrerillo mide de 5 a 15 centímetros de diámetro, dependiendo de la edad, aunque eventualmente pueden producirse ejemplares de mayor diámetro. Se trata de un hongo que crece en un ambiente natural, sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera, destruyéndola. El píleo, o parte superior de la seta tiene la superficie lisa y curvada cuando es joven, aplanándose luego poco a poco. En su parte inferior se presenta el himenio, constituido de unas laminillas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde del carpóforo (Acosta & Bustos, 1998).

2.2.10. Ciclo biológico de *P. ostreatus* (Jacq.) P. Kumm

Se inicia cuando se produce esporas sexuales (basidiospora) en los cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos, el cual porta estructuras especializadas conocidas como basidias. Estas esporas van a dar origen al micelio primario u homocarión, llamado así para enfatizar que todos sus núcleos son idénticos y contiene un solo núcleo, también puede llamársele monocarión. Cuando dos micelios homocarióticos compatibles se unen, dan origen al micelio secundario que presenta dos núcleos (dicarión), aquí involucra la formación de estructuras especializadas llamadas conexiones grapa o fíbulas, que son formadas durante la división los núcleos en el extremo de la hifa en crecimiento. La presencia de conexiones grapa se considera generalmente como indicativo de la condición dicariótica. Es este micelio quien va a formar nuevamente el cuerpo fructífero. Para que se dé el ciclo, es necesario de ciertos factores ambientales que condicionen su crecimiento (Sánchez & Royse D., 2001).

Figura 1. Ciclo de la vida de los Hongos Basidiomycetes



Fuente: Navarro, 2005

2.2.11. Valor nutritivo de los hongos

Este es uno de los géneros que contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y minerales, también en su estructura está formado por vitaminas como la tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, pirodoxina, cobalamina y provitaminas como la ergosterina y carotenos; así también otra serie de aminoácidos esenciales. Ancestralmente se ha estimado a los hongos como alimento de calidad debido a su sabor, textura apreciable y sobre todo el alto valor alimenticio. En la actualidad los hongos juegan un papel importante en la nutrición del hombre, al igual que la carne de pescado, frutas y vegetales (Chang & Miles, 2004).

Uno de los mayores intereses en el cultivo del hongo es el alto valor nutritivo y proteínico que estos poseen. Los hongos tienen un contenido de proteína promedio de 3.5 a 4 por ciento en peso fresco y de 30 a 50 por ciento en peso seco. Haciendo una relación con el contenido de proteínas de otros alimentos, el de los hongos en fresco es el doble que el de los vegetales (excepto soya, frijoles y lentejas) y cuatro a doce veces mayor que el de las frutas, sin embargo, es inferior al de la carne, pescado, huevos y lácteos. (Acosta & Bustos, 1998).

Tabla 4. Contenido Nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

Sustancia	%
Agua	92.20
Materia Seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína bruta	39.00
Fibra	7.50
Nitrógeno total	2.40
Calcio	33 mg/100 g
Fósforo	1.34 mg/100 g
Potasio	3793 mg/100 g
Hierro	15.20 mg/100 g
Ácido ascórbico Vit C.	90-144 mg/100 g
Tiamina Vit B1	1.16-4.8 mg/100 g
Niacina Vit B5	46-108.7 mg/100 g
Ácido fólico	65 mg/100 g

Fuente: Romero y colaboradores, 2000



2.2.12. Propiedades medicinales del hongo *Pleurotus spp.*

El consumo frecuente de hongos beneficia la salud y bienestar general, sobre todo en los que se refiere a la prevención de las enfermedades que comúnmente ocasionan las dietas inadecuadas. Se mencionan algunas de las propiedades medicinales que se han encontrado al *Pleurotus spp.*

a. Efectos antitumorales:

El hongo *Pleurotus spp.* contiene cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, los cuales se le ha encontrado una importante cantidad antitumoral, es decir, se ha comprobado a nivel laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir la formación de estos. El mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que posteriormente destruyen las células cancerosas sin ocasionar efectos colaterales (Galindo, 1991 citado en Ramos, 2018, p. 18).

b. Efectos antivirales:

Los mismos mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA y otras enfermedades de origen autoinmune como la Artritis reumatoide o el Lupus. Asimismo, se ha encontrado que el micelio del *Pleurotus ostreatus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos debajo peso molecular y sustancias similares a la Zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (Noda, 1998 citado en Ramos, 2018 p. 18).

c. Efecto antiinflamatorio:

El hongo *Pleurotus ostreatus* tiene también propiedades antiinflamatorias, se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopeptidos (lectinas) que contienen aminoácidos, ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fúngica y antibiótica, estos componentes han sido



aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* (Noda, 1998 citado en Ramos, 2018 p. 18).

d. Control del colesterol:

Por otro lado, las setas contienen también Mevinolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMG CoA reductasa principal enzima responsable en la biosíntesis del colesterol. Por tales efectos producidos por estas sustancias se le considera como un hongo hepatoprotector (Gunde y Cymerman, 1995 citado por Ramos, 2000).

2.2.13. El hongo y su hábitat

Un factor importante para asegurar el crecimiento y desarrollo de los hongos es la provisión de un medio ambiente adecuado para su crecimiento, tanto vegetativo como reproductivo. Al no tener piel, los hongos son fácilmente afectados por las condiciones de crecimiento, por lo tanto, puede decirse que el éxito o fracaso del cultivo depende del control de las condiciones de crecimiento por parte del fungicultor. Los factores ambientales que afectan el cultivo incluyen la temperatura, humedad, pH, luminosidad, oxígeno y ventilación. Para asegurar el crecimiento y desarrollo de los hongos es necesario considerar las siguientes variables y sus rangos óptimos (Stamets & Chilton, 1983).

a. Temperatura y humedad

Son organismos mesófilos (10 a 40 °C), con una temperatura óptima de crecimiento entre 20 y 30 °C. La humedad adecuada para su desarrollo se encuentra entre 30 y 80% (Pavlich, 2001 citado en Ramos, 2018).

b. pH y luminosidad

Los hongos prefieren un medio ácido para su crecimiento, en un rango de pH de 4 a 7, siendo el óptimo un pH entre 5.5 y 6. En cuanto a la luminosidad en la etapa de colonización del sustrato se debe trabajar bajo completa oscuridad, sin embargo, durante la fructificación es necesario alternar los períodos de luz y oscuridad (Pavlich, 2001 citado en Ramos, 2018).

c. Ventilación o aireación

Siendo organismos aerobios, los hongos necesitan de aire fresco durante su crecimiento, pero requieren más ventilación durante la etapa de fructificación. (Pavlich, 2001 citado en Ramos, 2018).

Tabla 5. Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de *Pleurotus spp.*

Factor	Crecimiento micelial	Fructificación
Temperatura	25-33° C	28° C
Humedad del ambiente	Baja humedad	85%
pH del sustrato	70%	50%
Ventilación	Aire normal	Buena Ventilación
Luminosidad	Oscuridad	Buena (150-200 lux)

Fuente. (Acosta & Bustos, 1998)

2.2.14. Requerimientos nutricionales

Sánchez & Royse (2001), afirman 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.

b. Polímeros

Sánchez & Royse (2001), comentan 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, observaron que el contenido de lignina de rastrojo de algodón fue disminuido por *Pleurotus spp.* en un 70 % en 21 días, y concluyó diciendo que todos materiales que contengan celulosa y lignina (con excepción de los tóxicos y los pobres en nitrógeno), pueden ser usados como sustratos para *Pleurotus spp.*



c. Azúcares

Sánchez & Royse (2001), comentan que los carbohidratos se encuentran entre las fuentes de carbono preferidas por las especies de *Pleurotus spp*; la glucosa, manosa y la galactosa son buenos sustratos para esta especie, mientras que la xilosa y la arabinosa producen un crecimiento deficiente.

d. Lípidos

Sánchez & Royse (2001), afirman que la adición de aceites vegetales tiene un efecto benéfico para el crecimiento micelial de *P. djamor* y *P. ostreatus*, los productores de la hidrólisis de aceites deprimen el crecimiento, pero la adición de triglicéridos y metil esterres de ácidos grasos generalmente promueven el crecimiento.

e. Nitrógeno

Monterroso (2007), dice 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.

f. Minerales

Sánchez & Royse (2001), concluye que los rendimientos más altos para el cultivo de *Pleurotus djamor* se dio cuando usaron concentraciones de 0.22, 0.28, 0.98 y 0.049 mg/l de fósforo, potasio, calcio y magnesio respectivamente.

2.2.15. Etapas del cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Pavlich & Chimey (2001) mencionan que consta de las siguientes etapas: reproducción del micelio, preparación de la semilla y/o spawn, preparación, inoculación e incubación en el sustrato, inducción a la fructificación y cosecha.

a. Reproducción del micelio

Esta etapa se realiza en condiciones asépticas en el laboratorio. Consiste en la siembra y propagación del micelio del hongo a partir de un tubo inclinado que contenga



la cepa original en óptimas condiciones fisiológicas. Se puede partir también tomando micelio de un carpóforo fresco. La siembra se hace en placa petri, que contienen medios nutritivos como agar malta, agar papa dextrosa, agar de saboreaud, etc., y se incuba de 25 a 28°C en oscuridad (Cárdenas, 2015)

b. Preparación del inóculo o semilla

Esta etapa debe llevarse a cabo en condiciones de asepsia. El inóculo o "semilla" constituye un sustrato intermedio que contiene micelios del hongo, con características ideales para su multiplicación, provoca infección y colonización del sustrato definitivo. Como sustratos intermedios, se pueden utilizar sorgo, trigo o aserrín, dependiendo del tipo de hongo (Zarate, 2015).

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 o bolsas de polipropileno (Cárdenas, 2015). También se puede preparar la semilla cocido en agua (1 k por cada 1.5 l de agua) por 15 minutos a fuego lento, dejándolo reposar, escurrir y orear hasta una humedad entre el 40 y 50 % (Pavlich & Chimey, 2001). 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 cm² del hongo, que se ha cultivado previamente en placa petri. Una vez inoculadas, las porciones de 200 gramos colocadas dentro de las bolsas de polipapel o bolsas de polipropileno, se incuba durante 10-15 días a 28°C en oscuridad (Cárdenas, 2015).

c. Preparación del sustrato

Las propiedades físico-químicas de un sustrato determinan que hongos y que microbios puedan crecer sobre él. Algunos hongos pueden usar un rango amplio de sustratos, mientras que otros son muy selectivos. La selectividad de un sustrato depende de los nutrientes disponibles en él, su acidez, la actividad microbiana que soporta, su capacidad de aireación, su contenido de agua, etc. (Ardón, 2007).

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 (Cárdenas, 2015).

Sánchez (1994), citado por Cárdenas (2015, p. 24), 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.

Se recomienda únicamente fermentar aquellos materiales que poseen una gran cantidad de azúcares solubles, caso contrario promueven el crecimiento rápido de mohos, levaduras y bacterias, los cuales competirán con el micelio por el sustrato, desplazándolos fácilmente. Realizar la inoculación y no eliminar estos carbohidratos hará que estas moléculas se transformen en ácidos como el ácido acético, butírico o propiónico, atrayendo insectos, principalmente de distintos tipos de moscas, las cuales depositan sus huevos sobre el sustrato cuyas larvas producidas se alimentarán del micelio, provocando fuertes problemas de contaminación. Los sustratos usados para el cultivo de *Pleurotus* (las pajas, fibra de algodón, rastrojos, olote de maíz, etc.) tienen la ventaja de separarse fácilmente de la celulosa y la lignina, sin la necesidad de fermentarlos (Zarate, 2015).

El proceso de preparación del sustrato consiste en humectarlos, desinfectarlos y desinfectarlos; con el propósito de eliminar macro y microorganismos que puedan competir con el crecimiento del hongo y brindar condiciones de humedad que favorezcan el desarrollo de las setas (Ardón, 2007).

La hidratación se lleva a cabo con sustratos secos (pajas, rastrojos, desechos de algodón, papel, aserrín, pulpa de café deshidratados, etc.) si presentan segmentos muy grandes o largos, como en las pajas, es necesario reducir su tamaño a segmentos de aproximadamente tres a cinco centímetros con lo cual permita una mejor retención de humedad y un fácil manejo. La fragmentación puede realizarse fácilmente con una picadora comercial usada en la agricultura. La desinfección del sustrato se puede realizar sumergiendo el sustrato en agua caliente a 85°C durante mínimo de 40 minutos, con vapor de agua a una temperatura entre 70 a 80 °C por dos o cuatro horas, inmersión alcalina que consiste en sumergir el sustrato de 12 a 48 horas en agua con cal hidratada y



la esterilización que se lleva a cabo en autoclave con vapor a 121°C durante una hora o dos según el tamaño del contenedor (Zarate, 2015).

d) Inoculación o siembra

Consiste en adicionar la semilla o spawn del hongo al sustrato ya preparado y estéril, y se debe realizar en un sitio cerrado sobre un mesón previamente desinfectado para evitar que se presente contaminación en la fase del establecimiento micelial (Hernández & López, 2005).

Para la siembra, es conveniente el empleo de semillas en una proporción de 2 a 5 % por cada 100 kg de sustrato húmedo. Este valor es conocido también como tasa de inoculación, que viene a ser la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de sustrato (Zarate, 2015).

Mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor será el costo de compra del inóculo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato. Además, a mayor tiempo que demore la colonización del sustrato mayor será el riesgo de contaminación. En la siembra, comercial es común utilizar tasas de inoculación del 2-2,5 %, mientras que en zonas rurales reportaron tasa de inoculación del 15 % (Sánchez y Royse, 2002).

e) Incubación

La incubación es la etapa que permite la colonización del sustrato con los micelios del hongo, en condiciones de temperatura, luminosidad, ventilación y humedad óptimas, para obtener la mayor tasa de crecimiento posible que representaría una mayor velocidad de colonización (Zarate, 2015).

El tiempo requerido para la incubación depende de varios factores: el tipo de sustrato, la cantidad de semilla y la temperatura (Zarate, 2015).

Asimismo, influyen en el desarrollo del micelio, el vigor de la cepa, adaptación de la cepa y cantidad de inóculo (Ardón, 2007).

Esta etapa se debe realizar en un local donde la luz sea mínima o en completa oscuridad, colocando los sustratos en anaqueles, donde debe mantenerse una temperatura de 28 °C durante 15-21 días (Ardón, 2007).



Para Cruz et al. (2010) la temperatura requerida en esta etapa es de 25 a 30 °C y la humedad debe estar entre 60 a 70 %. (Carvajal, 2010) expresa que la luminosidad escasa o nula propicia que el hongo inicie el consumo de nutrientes y la degradación de la materia muerta. El crecimiento durante las primeras 24 horas es lento debido a que *P. ostreatus* necesita adaptarse a su nuevo medio de crecimiento. La temperatura será de 18 a 22 °C y la ventilación de 1 metro cúbico de aire por hora y por kilogramo de sustrato.

f) Inducción

En esta fase, las bolsas que han terminado su periodo de incubación y que se encuentran totalmente invadidas por el hongo *P. ostreatus* (pastel debe tener una coloración blanca) se trasladan al lugar de fructificación. La aparición de primordios de cuerpos fructíferos requiere del manejo adecuado de los factores ambientales; la temperatura va de los 18 a los 23 °C; la humedad del aire debe ser del 80 al 95 %, se proporciona iluminación de 8 a 12 horas. Para que la luz permita que broten los hongos (o cuerpos fructíferos) y alcancen su madurez (Carvajal, 2010).

Para Ardón (2007), inducir la formación de primordios requiere una temperatura de 18-26 °C, humedad relativa de 85-95 % y ventilación continua para que la circulación de aire fresco favorezca el descenso de la temperatura y la concentración de CO₂ ambiental. La iluminación continua para que la circulación de aire fresco favorezca el descenso de la temperatura y la concentración de CO₂ ambiental. La iluminación también debe modificarse de total oscuridad a 8-12 horas de iluminación por día. Dos o tres días después de la inducción, se forman pequeñas protuberancias aglomeradas llamadas primordios, los cuales crecen y expanden durante 5 a 6 días hasta formar los carpóforos.

En esta etapa, es necesario efectuar perforaciones mayores para que los hongos salgan a través de ellas. Los diferentes patrones de perforación de las bolsas pueden ser los siguientes:

Patrón 1. Perforaciones de sección circular: Se puede efectuar perforaciones de sección circular de 1 a 2 centímetros de diámetro con un elemento estéril como un cuchillo o sacabocado calentado al fuego, puesto al rojo y luego enfriado. El patrón se repite efectuando los cortes en línea.

Patrón 2. Cortes en cruz: Se realizan dos cortes perpendiculares de 3x3 centímetros, el patrón se repite efectuando cortes en línea. e) Cortes longitudinales



parciales: Se puede cortar la bolsa en secciones de 3 a 5 centímetros de largo. d) Cortes longitudinales completos: Se pueden efectuar rasgaduras a lo largo de la bolsa en sentido vertical

Patrón 3. Cortes en tapa: Se puede cortar la parte superior de las bolsas, como si fuera una tapa, para obligar a los hongos a fructificar sólo por arriba.

Patrón 4. Remoción total de bolsas: Las bolsas pueden ser removidas en su totalidad dejando el sustrato colonizado "desnudo" (Zarate, 2015).

g) Fructificación

Esta etapa es el inicio de la etapa netamente productiva. Aquí, los riegos son menos complejos y se puede lograr buenas cosechas manteniendo las condiciones de temperatura y humedad adecuadas. Días después de estar en la sala de fructificación (previamente inducida) empieza 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 de cada bolsa y estarán en madurez comercial, listos para ser cosechado (Zarate, 2015).

Pavlich y Chimey (1999) manifiestan que, para el desarrollo de cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, se debe tener una humedad relativa entre 85 a 90 %, con una temperatura promedio entre 10-21 °C y luz de 1000-1500 lux durante 8-12 horas diarias. Para Cruz et al. (2010), la temperatura promedio para esta etapa es de 22 a 25 °C, con una humedad aproximada de 70 a 80 %. Los primordios aparecen aproximadamente ocho días después, se desarrollan completamente en seis o siete días alcanzando así su madurez comercial y un diámetro de 6 a 8 centímetros.

h) Cosecha

La cosecha es la fase en la cual se realiza la recolección de los cuerpos fructíferos. Comúnmente, se realiza de forma manual haciendo un movimiento de torsión sobre la base del estipe o utilizando una cuchilla estéril para evitar contaminaciones posteriores en los puntos del sustrato donde creció el hongo. Asimismo, la cosecha se divide en tres periodos, el primero en el cual se recoge el 50 % de la producción, el segundo en donde se recoge el 30 % y el tercer periodo solamente el 20 % de la producción. Habitualmente,



en el cultivo de hongos no se recoge más de tres cosechas ya que la productividad es muy baja y el riesgo de contaminación es más frecuente (Hernández y López, 2005).

Para evaluar el rendimiento de las cosechas, se calcula la eficiencia biológica, que es una de las medidas más exactas, pues con este parámetro determinamos el porcentaje de hongos frescos obtenidos en relación con la materia seca del substrato utilizado (Zarate, 2015).

2.2.16. Producción de hongo comestibles en el Perú

Existe suficiente evidencia para demostrar el uso extensivo de macro-hongos (setas) en el Perú prehispánico hasta hoy en día. Las imágenes de los hongos se muestran en diversas cerámicas, objetos de metal y tejidos en una serie de importantes culturas del norte y el sur, así como la costa y las tierras altas del Perú. Hongos en la región Cusco y Puno de nombres Quechua incluyen ‘Qoncha’ el *Pleurocollybia cineria*, ‘Inca Qoncha’ una especie de Tricholomatacea, ‘K’allampa’ *Agaricus campestris* y otras especies de *Agaricus*, *K’allampa rosado (Polyporus sanguineus)*, ‘Paku’ *Calvatia (C. Cynthiformis* y *C. Giganta affin.)*, ‘Chochoca’ (*Clitocybe gibba affin.*), ‘Chuchuca’ o ‘vela vela’ (*Coprinus comatus*) y Unchuque (*Lepiota sp.*). Los hongos nativos en la actualidad siguen siendo usados por las poblaciones quechua y aymaras.

El consumo de hongos no es una tradición enraizada en la cocina peruana, son ingredientes de platos gourmet. En nuestro país, se observa un mayor consumo de hongos por parte de personas que pertenecen a niveles socioeconómicos altos (A y B) por dos razones fundamentales: su nivel de ingresos les posibilita acceder al consumo de comida gourmet y su ascendencia extranjera, en algunos casos, determina su costumbre a consumir hongos en diversas comidas (Freundt, 2003 citado en Ramos, 2018, p. 23).

El cultivo comercial de hongos empezó en el año 1960 con la producción del *Agaricus bisporus* “champiñón” por la empresa Compass, posteriormente se introdujo en el mercado *Pleurotus ostreatus*, “setas” en 1990 por las empresas “Solis” y “Sori”. Cabe destacar que en el 2008 la empresa “Mundo fungi” logro introducir por primera vez la oferta de *Lentinula edodes*, shiitake, en estado fresco y cultivado localmente (Chimey & Holgado 2010 citado en Ramos, 2018, p. 23).

Tabla 6. Especies de hongos comercializados en Perú

Hongos producidos	Empresa
<i>Agaricus bisporus</i> <i>A. bisporus</i> var. Portobello <i>A. bitorquis</i>	De Chilca, Don Hongo Ltda. Montañez, Paccu S.A., Tuncco, Apaka Foods, Biosetas
<i>Pleurotus ostreatus</i> <i>P. djamor</i>	FungiPro, San Gabriel, Solis, Sori, Wilka Peru S.A.C. Vacas Felices, Setas Jampi, Biosetas, Econgo, Kallampa, setas del Inka, D'natura
<i>Lentinula edodes</i>	Mundo Fungi, Biosetas, Econgo, Kallampasetas del Inka, D'natura
<i>Hericium</i> sp.	Biosetas, Econgo.

Fuente: Holgado (2018)

En la región Cusco, se vienen formando pequeña y medianas empresas como Biosetas, Econgo, Setas del Inka, K'allampa, D'natura, etc. en el cultivo de *P.ostreatus*, *P. djamor*, *Lentinula eodes*, *Agaricus* sp., *Hericium* sp. *Flamunnlina* sp. así como asociaciones de pequeños productores en las comunidades campesinas de Huayllay y Harin (Holgado 2018).

Tabla 7. Principales marcas de hongos ostra en el mercado nacional

Marca	Producto	Presentación	Precio S/
Willka	Hongos ostra enteros frescos	200 g	S/ 5.00
Vacas felices	Hongos ostra enteros frescos	A granel x 1kg	S/ 30.00
Jampi	Hongos ostra enteros frescos	250 g	S/ 5.00
Biosetas	Hongos ostra enteros frescos	200 g	S/ 4.80
Haku wiñay	Hongos ostra enteros frescos	200 g	S/ 5.00
D'natura	Hongos ostra enteros frescos	200 g	S/ 4.00

Fuente: Elaboración propia actualizada al 2020.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se ejecutó en un ambiente tipo domo geodésico en condiciones controladas.

3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Lugar : Centro Poblado de Yanamayo

3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CONDICIONES AMBIENTALES

- Coordenadas UTM : 19L 389,375 m E, 8'251,507 m S
- Altitud : 3,991 m.s.n.m.
- Temperatura : 9 - 15 °C
- Humedad Relativa : 60 - 70%

3.2. MATERIALES INSUMOS, EQUIPOS E INSTALACIONES

Tabla 8. Materiales e insumos utilizados en el experimento

Cant.	U/M	Descripción	Especificaciones
10	Unid	Bolsas de Semilla de hongo ostra <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm	Bolsas con una presentación de 0.5 Kg.
20	kg	Rastrojo de Quinoa (<i>Chenopodium quinua</i> W.)	Colectado de una parcela ubicada en el distrito de Chucuito
30	kg	Totora (<i>Shoenoplectus tatora</i> Kunth Palla)	Colectado de lugares libres de contaminación del distrito de Chucuito
20	kilos	Paja de avena (<i>Avena sativa</i> L.)	Colectado de una parcela - Chucuito
03	Kg	Cal Agrícola	Hidróxido de calcio Ca(OH) ₂
01	unid	Olla galvanizada	Capacidad 80 litros
10	unid	Costales	Material Polietileno de capacidad 50 kg
50	unid	Bolsas plásticas	Material polipropileno 13 x 20 cm
01	unid	Plumón indeleble	Color negro
01	unid	Libreta de campo	50 hojas
10	kit	Elementos de seguridad personal desechables	Mandil, guantes, barbijo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Equipos utilizados en el experimento

Cant.	U/M	Descripción	Especificaciones
01	unid	Balanza digital	Capacidad 5 g – 5000 g
01	unid	Medidor de Ph	Modelo genérico. Rango de medición pH: 3.5-9.0
03	unid	Termómetros ambientales	50° C a +/-300°C
01	unid	Mochila Asperjadora	20 litros de capacidad.
01	unid	Laptop	Lenovo, procesador i5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Instalaciones utilizadas en el experimento

Cant.	U/M	Descripción	Especificaciones
01	unid	Ambiente en condiciones controladas	Estructura tipo domo geodésico de Material madera y plástico de invernadero, con un área de 20 m ² , altura de 3.5m. Ambiente que será utilizado para fase de incubación y fructificación.

Fuente: Elaboración propia

3.3. MÉTODOS

El trabajo de investigación es un estudio con enfoque cuantitativo, con un diseño tipo experimental, que busca evaluar la capacidad productiva de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm cultivado sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno.

3.3.1. Variable independiente

03 sustratos a base de residuos lignocelulósicos (rastrojo de quinua, totora y rastrojo de avena)

3.3.2. Variable dependiente:

La capacidad productiva 01 especie Hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, se evaluaron los siguientes indicadores

3.3.3. Variables de respuesta

- Rendimiento (%)
- Eficiencia biológica (%)
- Tasa de productividad (%)
- Tiempo de producción (días)

- Costos producción y análisis económico

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MODELO ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANVA), con Diseño Completamente al Azar (DCA). Donde se distinguen 3 tratamientos, sustratos a base de tres residuos lignocelulósicos (avena, quinua y totora), con 7 repeticiones, haciendo un total de 21 unidades experimentales. Los promedios se analizaron mediante la prueba de comparaciones múltiples e Tukey ($\alpha=5\%$). Todos los tratamientos se mantuvieron bajo condiciones ambientales controladas.

El modelo estadístico para este diseño experimental fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta de la i-ésima variable

μ = Es el efecto medio

τ_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

3.4.1. Tratamientos en estudio

En la Tabla 11, se presentan los tratamientos evaluados.

Tabla 11. Detalles de los tratamientos en estudio

Clave de tratamientos	Sustratos	N° de repeticiones/tratamiento
S1	Sustrato Paja de avena	07
S2	Sustrato Heno de Totora	07
S3	Sustrato Broza de quinua	07
Total de unidades experimentales		21

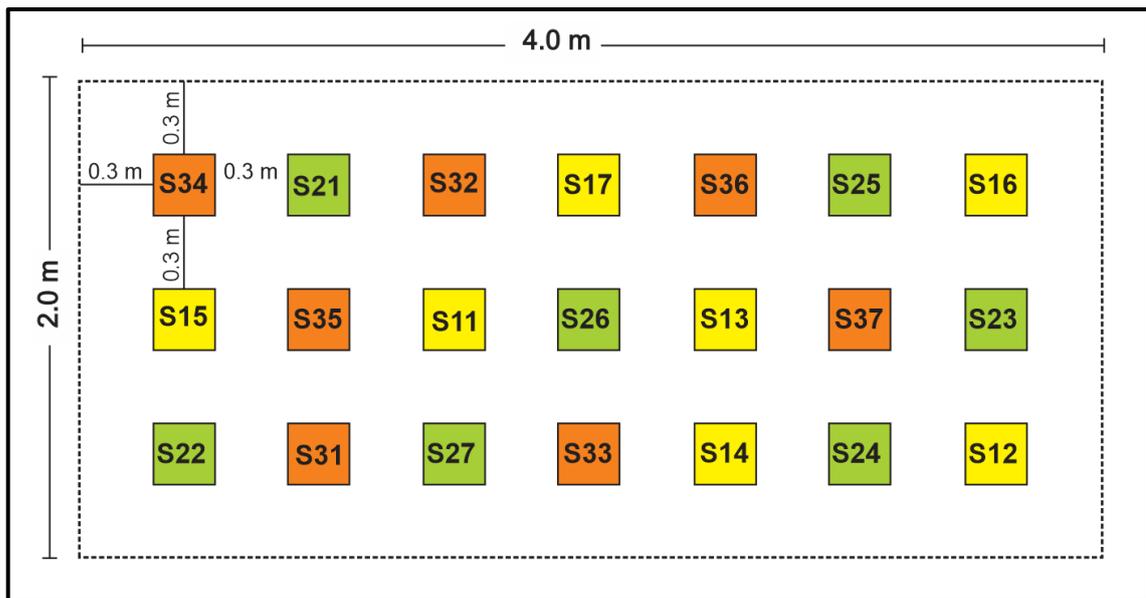
Fuente: Elaboración propia.

Cada unidad experimental está representada por 01 bolsa conteniendo 1.0 kg de sustrato seco + 5% de semilla de hongo en función al peso húmedo del mismo sustrato.

3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL Y SU DISTRIBUCIÓN

Se evaluaron 3 tratamientos y 7 repeticiones para un total de 21 unidades experimentales, distribuidas completamente al azar. Cada unidad experimental está conformada por 1 bolsa conteniendo 1 kg de sustrato seco troceado el cual fue esterilizado e inoculado con semilla hongo ostra. La distribución aleatoria de tratamientos en unidades experimentales se presenta en la Figura 2.

Figura 3. Ubicación de las unidades experimentales dentro del ambiente de incubación y fructificación



Observación: Color amarillo = S. Paja de avena, Color verde = S. Heno de totora y color naranja= S. de broza de quinua. Fuente: Elaboración propia.

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. Construcción y acondicionamiento de Ambiente de incubación y fructificación

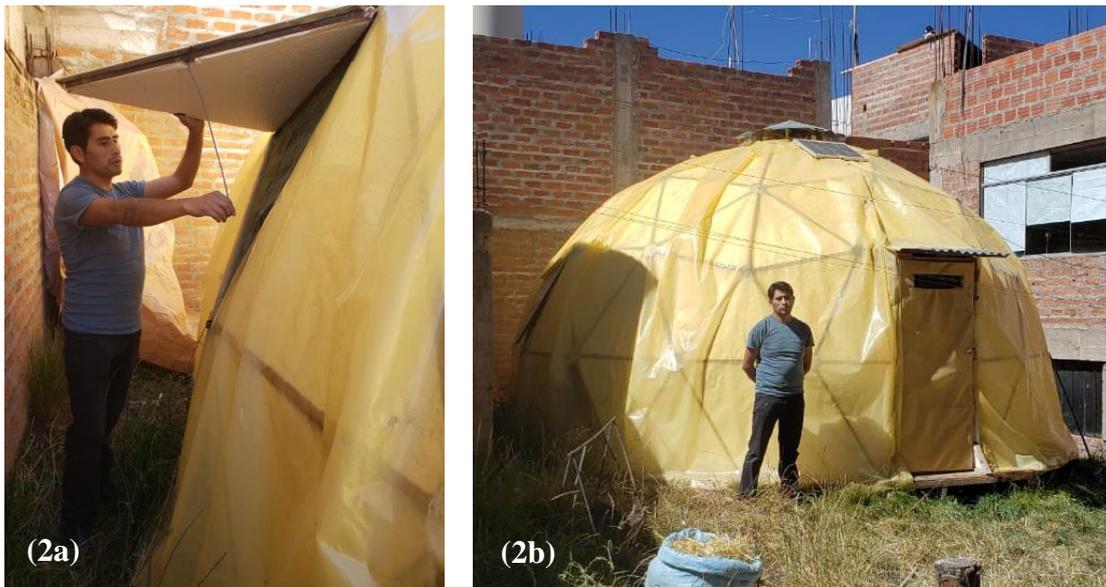
Se ha construido una estructura tipo domo geodésico, ambiente que ha sido destinado para las etapas de incubación y fructificación del cultivo de hongos comestibles. (Ver Anexo 13).

Figura 5. *Proceso de construcción de la estructura del ambiente*



(1a) Construcción del piso base con un diámetro de 5 m. (1b) Ensamblaje del primer nivel conformado por secciones triangulares. (1c) Ensamblaje del tercer y cuarto nivel conformado por secciones triangulares. (1d). Ensamblaje del 5 nivel

Figura 7. Recubrimiento del ambiente



(2a) Ventana de ventilación con malla para evitar el ingreso de moscas. (2b) Domo geodésico culminado con 02 ventanas de ventilación, 01 chimenea y 01 ingreso principal

3.6.2. Adquisición de la semilla del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*

Adquisición de la sepa del hongo ostra proveniente de los laboratorios de la Empresa Fungisemillas de la ciudad de Cusco.

Figura 9. Semilla del Hongo ostra



3.6.3. Colecta de residuos lignocelulósicos

Los residuos orgánicos recolectados fueron: 10 kg de Broza de Quinua (ramas) y 10 kg de paja de avena lo cuales fueron recolectada de la parcela de un agricultor en la

ciudad de Chucuito. Y 10 kg de totora que fue recolectada de las orillas de lago Titicaca y posteriormente se ha deshidratado.

3.6.4. Preparación de sustratos

Para la preparación de los sustratos a partir de los residuos lignocelulósicos (broza de quinua, heno de totora, paja de avena) se picó en trozos de 2-3 cm, se deja remojar en agua por el lapso de 1 día, para hidratarse totalmente. Al día siguiente se realiza el lavado y oreado.

Figura 11. Tratamiento de los 3 sustratos lignocelulósicos



(4a) Broza de avena. (4b) Heno de totora troceada. (4c) Broza de quinua troceada

3.6.5. Esterilización de los residuos lignocelulósicos

Para realizar la esterilización se utilizó 01 olla galvanizada mediante el proceso denominada “baño maría”, los residuos lignocelulósicos han sido sumergido en el agua y se procedió a calentar hasta llegar a alcanzar una temperatura constante de 80°C por el lapso de 06 horas, con el objetivo de eliminar competidores y contaminantes. Se le agregó 0.25 kg de cal a cada tratamiento para equilibrar el pH y evitar el desarrollo de otros microorganismos.

Figura 13. *Proceso de esterilización y control de temperatura*



(5a) Olla galvanizada de 80 litros en proceso de calentamiento. (5b) Sumersión de los residuos lignocelulosicos (5c) Termometro alcanzando los 77.5 °C

3.6.6. Oreado de los sustratos

En un ambiente esterilizado con hipoclorito de sodio al 4%. Se ha realizado el oreado de los residuos lignocelulósicos por 5 horas hasta mantener una humedad aproximada del 50 al 60% para ello se comprobó la humedad adecuada haciendo la prueba del puño.

Figura 15. *Oreado de los sustratos lignocelulósicos*



(6a) Oreado del sustrato de broza de avena. (6b) Oreado del sustrato de heno de totora. (6c) Prueba de humedad del sustrato de broza de quinua.

3.6.7. Inoculación de la semilla

La cantidad de inoculo calculada fue el 5% del peso húmedo del sustrato (granos de trigo con micelio por cada bolsa de sustrato, distribuido cada 5 cm de altura del sustrato en el interior de cada bolsa de polipropileno (13 x 30 cm) hasta una altura de 25 cm.

Se le realizo 8 orificios por los cuatro lados de la bolsa de 1 cm de diámetro aproximadamente para garantizar un mínimo de intercambio gaseoso. Para la inoculación se utilizó alcohol de 96° para la desinfección y disminución de problemas de contaminación.

Figura 17. Proceso de inoculación



(7a) Llenado de la bolsa con sustrato de broza de quinua. (7b) Inoculación de semilla del hongo ostra. (7c) Pesado la bolsa conteniendo el sustrato y el inoculo. (7d) Amarrado de la bolsa por la parte superior.

3.6.8. Incubación

En esta fase se tuvo en consideración las prácticas de higiene al ingresar al ambiente de incubación, como es desinfectar el calzado con hipoclorito de sodio al 1%, lavado de manos y desinfección con alcohol 70°, y se utilizó lo EEP correspondientes.

Una vez embolsado los paquetes inoculados se llevó al ambiente de incubación en condiciones oscuras y cerrado donde permaneció hasta que los paquetes tengan una coloración blanquecina por el crecimiento del micelio. La temperatura del ambiente y la humedad relativa fueron registrados con el medidor de temperatura y humedad digital con un rango de temperaturas de 13 a 15° C y una humedad relativa de 60 - 70%. Los sustratos se ubicaron dentro del ambiente separados y distribuidos al azar de tal manera que todos los tratamientos estén sujetos a las mismas condiciones ambientales.

La duración de la fase de incubación ha sido de 22 a 26 días.

Figura 19 *Proceso de incubación*



(8a) Codificación de las unidades experimentales (8b) Distribución al azar las unidades experimentales. (8c) Termómetro digital para el control de temperatura.

3.6.9. Inducción a la fructificación

En esta etapa de fructificación se trasladó todos los sustratos con el micelio al ambiente donde se ha colocados con distanciamiento de 20 cm entre sustrato y sustrato y distribuidos al azar, de tal manera que se encontraran bajo las mismas condiciones ambientales de cultivo. Luego a cada bolsa se le realizará cortes longitudinales de aproximadamente 3 cm con la ayuda de un cuchillo desinfectada con alcohol al 96 % en cada corte.

Se ha monitoreado la humedad, temperatura, y ventilación para favorecer la formación de los primordios y posterior desarrollo el desarrollo de los cuerpos fructíferos. Para la ventilación y luz difusa necesaria para el inducir a la fructificación, se ha procedido a abrir 2 ventanas del ambiente durante el día y cerrarlas durante la noche.

El ambiente ha logrado conservar una temperatura entre 9 – 15 ° C, para tal efecto se tuvo que cerrar el ambiente todos los días a las 4 de la tarde para que conservar el calor ganado en el día. Para mantener una humedad relativa de 60 - 70% se ha regado 1 vez por día con una mochila asperjadora utilizándose 2.5 litros/día de agua.

Figura 21. *Proceso de inducción a la fructificación*



(9a) Distribución de soportes para la ubicación de las unidades experimentales (9b) Fructificación de primordios en la U.E. S-16 (Sustrato de Paja de cebada). (9c) Fructificación de primordios en la U.E. S-27 (Sustrato de Heno de totora). (9d) Fructificación de primordios en la U.E. S-33 (Sustrato de broza de quinua).

3.6.10. Cosecha

Se cosecharon los carpóforos cada unidad experimental, para luego ser pesados en una balanza electrónica.

Figura 23. Proceso de la cosecha de las unidades experimentales



(10a) U. E. para el proceso de cosecha de la primera oleada. (10b) Cosecha de la U.E. del sustrato de paja de avena (10d) Cosecha de la U.E. del Sustrato de broza de quinua a (10d) Cosecha de la U.E. del Sustrato de heno de Totora (10e) Cosecha de la tercera oleada de las U.E. (10f) Pesaje de los carpóforos de tratamiento S2 repetición 3. (10g) Pesaje de los carpóforos de tratamiento S3 repetición 6.



3.7. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

3.7.1. Recolección de datos experimentales

La toma de datos se realizó a partir de la fecha de inoculación de las unidades experimentales hasta la tercera oleada, se utilizó un cuadro en el cual se registró la fecha de inoculación, surgimiento de los primordios, cosechas y peso de los carpóforos por unidad experimental.

3.7.2. Evaluación de las variables de respuesta

Para evaluar el rendimiento, la eficiencia biológica y la tasa de producción, los carpóforos fueron cosechados teniendo en cuenta que los hongos estén perfectamente formados dando un aspecto de orejas y/o sombreros con diámetros que varían de 3 hasta 10 cm. Se pesó en la balanza digital y registro como peso fresco; al final de ciclo productivo se obtiene un valor acumulado del peso de carpóforos por tratamiento, los cuales fueron utilizados para realizar los cálculos.

3.7.3. Rendimiento (%)

Los datos obtenidos del peso fresco por cada unidad experimental, se elevaron a la unidad de kg de hongo fresco por tonelada de sustrato (Galindo, 1991). Los valores de rendimiento se calcularon con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de hongo fresco (kilogramos)}}{\text{Peso del sustrato humedo (toneladas)}} * 100$$

Según establece la tecnología del cultivo de hongos se considera una producción aceptable cuando el rendimiento (R) es superior al 10%, esto determina que el proceso sea factible económicamente. (Martínez, 1993).

3.7.4. Eficiencia Biológica (%):

La Eficiencia biológica es importante ya que en él se considera la bioconversión de energía y la degradación biótica del sustrato, los valores se expresan en porcentaje (%). La EB depende esencialmente de las características físico-químicas del sustrato a utilizar. Según Salmones et al (1993) la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir del 100% y se obtiene mediante la siguiente ecuación:



$$EB = \frac{\text{Peso de los basidiocarpos frescos (kg)} *}{\text{Peso del sustrato seco (kg)}} \times 100$$

* El peso del hongo fresco, se calcula a partir del peso total de la producción y se deben incluir todas las cosechas.

3.7.5. Tasa de productividad (TP)

Esta variable relaciona la eficiencia biológica y el tiempo en días para completar un ciclo del cultivo a partir de la siembra en el sustrato. Reyes et al. (2004). La tasa de producción expresada en porcentaje se calculó individualmente para cada tratamiento, incluido las tres cosechas y sus siete repeticiones registrando los valores obtenidos de la eficiencia biológica y el número de días que se necesitó para completar su periodo productivo a partir de la siembra. Los valores de la tasa de producción se calcularon con la siguiente formula:

$$EB = \frac{\text{Eficiencia biológica (\%)}}{\text{Tiempo de producción (días)}}$$

3.7.6. Etapas de producción del hongo

Se registro el ciclo productivo del hongo ostra (desde la inoculación o hasta la tercera oleada de todas las unidades experimentales), para determinar el tiempo transcurrido (días) en cada una de las etapas (Siembra, Incubación, Inducción y cosecha). Entendiendo que el ciclo productivo es inherente al proceso de producción, diferenciándose del ciclo biológico propio de la especie.

3.7.7. Costos de producción y análisis económico:

Durante todo el proceso de investigación se efectuó registros económicos que permitieron determinar el costo de producción de cada tratamiento. Los cálculos realizados dedujeron en base a 01t/ tonelada de sustrato seco. Para ello se ha identificado los costos variables y los costos fijos:

Costos variables:

- Insumos: Semilla de *Pleorotus ostreatus*, residuos lignocelulósicos, cal, etc.
- Labores culturales: esterilización, sembrado, cosecha etc.



- Otros gastos: consumo de agua.

Costos Fijos: Energía eléctrica, alquiler de instalaciones, gastos administrativos, etc.

3.7.8. Relación beneficio/costo (B/C)

Para la relación de beneficio/costo, se consideró los siguiente:

- Rendimiento de semilla
- Costo total de producción (S/)
- Precio de venta local (S/)
- Ingreso bruto o ingreso total (S/)
- Ingreso neto (S/)
- Rentabilidad (%)

Se estimo la relación beneficio/costo a través de la siguiente ecuación:

$$B/C = \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Coso total de produccion}}$$

3.7.9. Rentabilidad económica

La rentabilidad económica se estimó a base de la siguiente ecuación matemática:

$$RE = \frac{\text{Ingreso Neto}}{\text{Costo total de produccion}} \times 100$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO (%)

En la tabla 12, se observa el análisis de varianza, para la influencia de sustratos lignocelulósicos, en el rendimiento del cultivo hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, donde se aceptó la (H_1) y se rechazó la (H_0). Concluyendo que si existe un efecto estadísticamente significativo entre tratamientos (sustratos) en el rendimiento del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 4.82% nos indica que los datos evaluados son confiables al ser evaluados según Vásquez (1990), que indica que para experimentos en condiciones controladas el coeficiente de variación deber ser hasta el 10%. Por tanto, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 %.

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable rendimiento de basidiocarpos del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (kg/t) según repeticiones y tratamientos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	0.0293	2	0.0146	27.7428	0.000003	3.5546
Error	0.0095	18	0.0005			
Total	0.0388	20				
C. V. = 4.82						

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$), para encontrar el F tabulada con 2 grados de libertad ($\alpha-1$) en el numerador y 18 grados de libertad ($N- \alpha$) en el denominador. $F_{\alpha, (\alpha-1), (N- \alpha)} = F_{0.05, 2, 18} = 3.55$. Comparando el F_0 calculada en el análisis de varianza y el F_T , se puede observar que: $F_0 > F_T \rightarrow 27.74 > 3.55$. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

En la Tabla 13 y Figura 13, se aprecia la prueba de Tukey para las medias del rendimiento de basidiocarpos del hongo, realizada al 95% de confiabilidad, donde se observó que el tratamiento S1=sustrato de Paja de avena y S2=Heno de totora, son estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos y presentaron mayor rendimiento en promedio en la producción de basidiocarpos (24.11%) y (22.25%) respectivamente. El tratamiento que presentó menor rendimiento en la producción de basidiocarpos fue el tratamiento S3=Sustrato de Broza de quinua con (17%) en promedio.

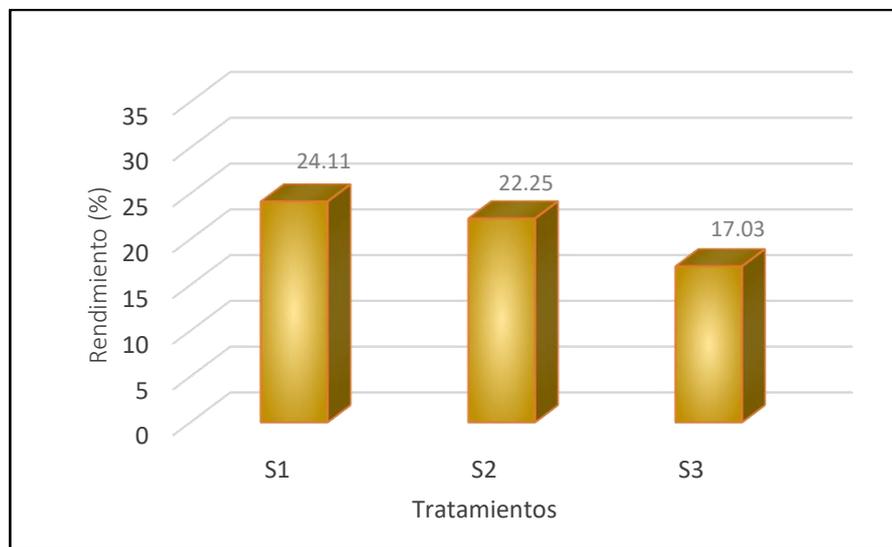
Tabla 13. Prueba de Tukey para las medias del Rendimiento de basidiocarpos del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm según tratamientos

Factor	N	Media	Agrupación
S1	7	0.51	A
S2	7	0.49	A
S3	7	0.43	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua
Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Rendimiento promedio de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (%) por tratamientos



S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados encontrados, se aceptó la hipótesis alterna que establece que, si existe relación de dependencia entre el uso de diferentes sustratos y el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Con referencia al rendimiento Martínez (1993) establece que; para la tecnología del cultivo de hongos si, el rendimiento es superior al 10% se considera una producción aceptable lo cual influye que el proceso sea factible económicamente.

En la Tabla 14, se puede observar algunas investigaciones, realizados por diferentes autores donde el Rendimiento de la Producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm fue mayor a 10%. Si comparamos los resultados del presente estudio con lo

reportado en la bibliografía podemos observar que los 03 tratamientos tienen valores de rendimientos mayores a 10 %.

El rendimiento promedio del tratamiento S1 y S2 fueron estadísticamente iguales con 24.11 y 22.25 % los cuales comparado con lo reportado por Holgado (2018) con un rendimiento de 30% en sustrato de avena, es menor. Sin embargo, cabe destacar que Holgado (2018) ha reportado temperatura y humedad a nivel del ambiente de fructificación entre 12 – 16.5° C y 80% de H° respectivamente, mientras que el estudio actual con temperatura y humedad, de 9 – 15° C y 60 - 70% respectivamente. En cuanto al tratamiento S2 no se ha encontrado información sobre su utilización como sustrato en la producción de hongos comestibles, mostrando un rendimiento aceptable con 22.25%. Por otro lado, el tratamiento S3 ha mostrado un rendimiento menor con 17.03%, mientras que Toledo (2008) y Cáceres (2017) han reportado 16.51 y 15.01% respectivamente, lo que indica un rendimiento recurrente para residuos provenientes de la broza de quinua.

Tabla 14. Rendimientos de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre diferentes sustratos

Sustratos	% Rendimiento	Autor
Paja de Avena	30.00 %	Holgado (2018)
Paja de Avena (S1)	24.11 %	Resultados del presente estudio
Heno de Totorá	--	Sin antecedentes
Heno de Totorá (S2)	22.25 %	Resultados del presente estudio
Residuos de Quinua	16.51 %	Toledo (2008)
Residuos de Quinua	15.01 %	Cáceres (2017)
Broza de Quinua (S3)	17.03 %	Resultados del presente estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes bibliográficos.

4.2. EFICIENCIA BIOLÓGICA

En la tabla 15, se observa el análisis de varianza, para la influencia de sustratos lignocelulósicos, en la eficiencia biológica del cultivo hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, donde se acepta la (H_1) y se rechaza la (H_0). Se concluye que si existe un efecto estadísticamente significativo entre tratamientos (sustratos) en cuanto a la eficiencia biológica del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 4.22% nos indica que los datos evaluados son confiables al ser evaluados según Vásquez (1990), que indica que para experimentos en condiciones controladas el coeficiente de variación deber ser hasta el 10%. Por tanto, se

procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 %.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable Eficiencia Biológica (%) del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, con tres tipos de sustratos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	9.6094	2	4.8047	31.4947	0.000001	3.5546
Error	2.7460	18	0.1526			
Total	12.3553	20				

C. V. = 4,22

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$), para encontrar el F tabulada con 2 grados de libertad ($\alpha-1$) en el numerador y 18 grados de libertad ($N- \alpha$) en el denominador. $F_{\alpha, (\alpha-1), (N- \alpha)} = F_{0.05, 2, 18} = 3.55$. Comparando el F_0 calculada en el análisis de varianza y el F_T , se puede observar que: $F_0 > F_T \rightarrow 31.49 > 3.55$. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

En la Tabla 16 y Figura 14, se aprecia la prueba de Tukey para las medias de la eficiencia biológica del cultivo del hongo, realizada al 95% de confiabilidad, donde se observa que el tratamiento S2=sustrato de Heno de totora y S1=paja de avena, fueron estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos y presentaron mayor porcentaje en promedio de eficiencia biológica (86.8%) y (79.6%). El tratamiento que presento menor porcentaje de eficiencia biológica fue el tratamiento S3= broza de quinua con (59.6%) en promedio.

Tabla 16. Prueba de Tukey para las medias de eficiencia biológica (%) de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm en los tratamientos evaluados

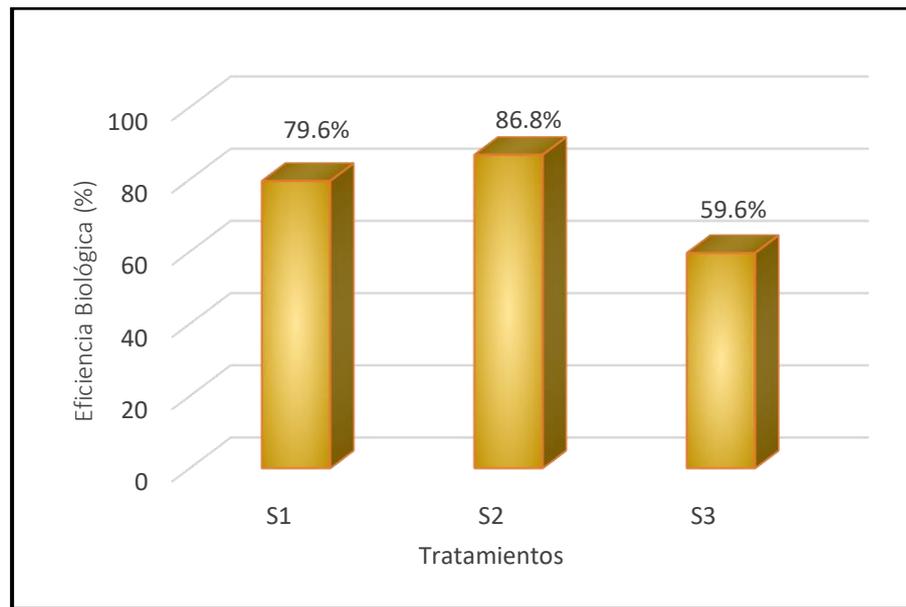
Factor	N	Media	Agrupación
S2	7	9.304	A
S1	7	8.915	A
S3	7	7.714	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Eficiencia biológica promedio de *Pleurotus ostreatus* (%) por tratamientos



S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

La variable Eficiencia Biológica (%) ha resultado altamente significativa, aceptándose la hipótesis alterna y establece la relación de dependencia entre el uso de diferentes sustratos y la eficiencia biológica (%) del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm en la provincia de Puno. Al respecto García (2008), siguiendo el método generalmente usado para evaluaciones de cultivo de hongos, concluye que una eficiencia adecuada debe ser de alrededor o más del 100%, siendo aceptable como mínimo del 40%, lo cual determina que sea factible económicamente el proceso.

En la Tabla 17, se puede observar antecedentes sobre la eficiencia biológica (%) de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm reportados por diferentes autores y si comparamos con nuestros resultados se puede observar que el tratamiento S3 es el que ha obtenido el menor % de eficiencia biológica con 59.60%, lo que nos indica que los resultados obtenidos están dentro los rangos aceptables, por consiguiente, se consideró como sustratos potenciales para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm en la provincia de Puno.

Los resultados de la eficiencia biológica de los tratamientos S2 y S1 son estadísticamente iguales con 86.8% y 79.6% los cuales comparado con lo reportado por Holgado (2018) con una eficiencia biológica de 94% en sustrato de avena, son menores. Ante ello, cabe mencionar que Holgado (2018) ha reportado condiciones de temperaturas

y humedad a nivel de ambiente de fructificación entre 12 – 16.5° C y 80% de H° respectivamente, mientras que el presente estudio con temperatura y humedad, de 9 – 15° C y 60 - 70% respectivamente. En cuanto al tratamiento S2 no se ha encontrado información sobre su utilización como sustrato en la producción de hongos comestibles, mostrando un rendimiento muy aceptable. Por otro lado, el tratamiento S3 ha mostrado un rendimiento menor con 59.60%, mientras que Toledo (2008) han reportado 32%.

Tabla 17. Eficiencia biológica (%) de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre diferentes tratamientos

Sustratos	% Eficiencia Biológica	Autor
Paja de Avena	94.00 %	Holgado (2018)
Paja de Avena (S1)	79.60 %	Resultados del presente estudio
Heno de Totora	--	Sin antecedentes
Heno de Totora (S2)	86.80 %	Resultados del presente estudio
Residuos de Quinua	32.00 %	Toledo (2008)
Broza de Quinua (S3)	59.60 %	Resultados del presente estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes bibliográficos.

4.3. TASA DE PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA (%)

En la Tabla 18, se observa el análisis de varianza, para la influencia de sustratos lignocelulósicos, en la tasa de producción del cultivo hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, donde se aceptó la (H₁) y se rechaza la (H₀). Concluyendo que si existe un efecto estadísticamente significativo entre tratamientos (sustratos) en la tasa de producción del hongo ostra. Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 3.68% nos indica que los datos evaluados son confiables al ser evaluados según Vásquez (1990), que indica que para experimentos en condiciones controladas el coeficiente de variación deber ser hasta el 10%. Por tanto, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de significancia de 0.05 %.

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable tasa de producción(%/día) del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, con tres tipos de sustratos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	0.0878	2	0.0439	20.53	0.00002	3.5546
Error	0.0384	18	0.0021			
Total	0.1262	20				

C. V. = 3.68

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$), para encontrar el F tabulada con 2 grados de libertad ($\alpha-1$) en el numerador y 18 grados de libertad ($N- \alpha$) en el denominador. $F_{\alpha, (\alpha-1), (N- \alpha)} = F_{0.05, 2, 18} = 3.55$. Comparando el F_0 calculada en el análisis de varianza y el F_T , se puede observar que: $F_0 > F_T \rightarrow 20.53 > 3.55$. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

En la Tabla 19 y Figura 16, se aprecia la prueba de comparación Tukey para las medias de tasa de productividad del cultivo del hongo, realizada al 95% de confiabilidad, donde se observa el tratamiento S2=Sustrato en heno de totora, es estadísticamente diferente y superior a los demás tratamientos que presento la mayor tasa de producción (1.3%/día). Los tratamientos que son estadísticamente iguales e inferiores son los tratamientos S1 y S3 que presentaron 1.07 y 0.90 %/día en promedio.

Tabla 19. Prueba de Tukey para las medias de tasa de producción (%/día) de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, en los tratamientos evaluados

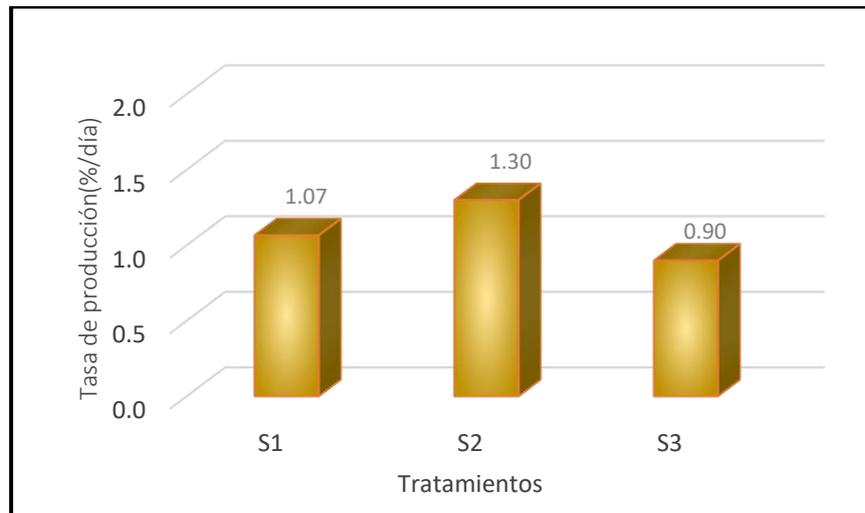
Factor	N	Media	Agrupación
T2	7	1.34	A
T1	7	1.25	B
T3	7	1.18	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Tasa de producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, (%) por tratamientos



S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

La variable tasa de producción (%/día) ha resultado significativa, aceptándose la hipótesis alterna y establece la relación de dependencia entre el uso de diferentes sustratos y la tasa de producción (%/día) del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, en la provincia de Puno. Al respecto Sánchez y Rouse (2002), indican que la tasa de producción indica el potencial productivo diario de un determinado hongo después de ser sembrado.

En la Tabla 20, se puede observar tasas de producción obtenidos en el presente estudio, así se tiene que el S2 es estadísticamente diferente y superior a los demás tratamientos con 1.30%/día y si comparamos con resultados de otros autores como Holgado (2018), quien obtuvo 1.44%/día con sustrato de paja de avena, siendo un valor mayor al que se obtenido en el presente estudio con el tratamiento S1 con 1.07 %/día.

En cuanto al tratamiento S3 que ha obtenido una tasa de producción de 0.90%/día, no se ha encontrado información sobre esta variable en la producción de hongos comestibles, mostrando un rendimiento aceptable.

Tabla 20. Tasa de producción (%) de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, sobre diferentes tratamientos

Sustratos	% tasa de producción	Autor
Paja de Avena	1.44 %/día	Holgado (2018)
Paja de Avena (S1)	1.07 %/día	Resultados del presente estudio
Heno de Totora	--	Sin antecedentes
Heno de Totora (S2)	1.30 %/día	Resultados del presente estudio
Broza de Quinoa (S3)	0.90 %/día	Resultados del presente estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes bibliográficos.

4.4. ETAPAS DEL CULTIVO

En la Tabla 21, se observa, los días q demoró en desarrollarse los micelios del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm en los diferentes tratamientos.

El tratamiento S2 logro colonizar más del 80% del sustrato en 22 días y mientras que los tratamientos S1 y S3 en 26 días promedio después de haber realizado la siembra, en condiciones de oscuridad total. Al respecto Holgado (2012) y Holgado (2018) han determinado 21 a 45 días para condiciones de la región de Cuzco.

La etapa de inducción a la fructificación es uno de los aspectos más importantes, donde se evalúa la precosidad de la semilla en los diferentes sustratos, lo que finalmente influye en la cantidad de ciclos del cultivo por año. Así tenemos que (S2) ha formado los primeros primordios en 11 días, mientras que S1 y S3, en 12 y 9 días respectivamente. A este respecto Holgado (2018) ha reportado 11 y 14 días promedio en sustrato de paja de avena, por los valores se encuentran dentro de lo recomendado por Alberto (2018), Stamets y Chilton (1983) quienes indican que la etapa de inducción a la fructificación para *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, varía entre 7 – 15 días con luz difusa natural de 12 horas día.

En la etapa de cosecha se ha registrado 3 oleadas, donde después de haber pasado 15, 16 y 19 días de la aparición de los primordios se realizó la primera cosecha del tratamiento S1, S2 y S3 respectivamente. La segunda cosecha del tratamiento S1, S2, S3 se ha dado después 24, 17, 19 días después de la primera cosecha, respectivamente. Finalmente, los tratamientos S1 y S2 han sido cosechados después de 26 y 22 días en

promedio; mientras que el tratamiento S3 solo logro 2 cosechas, debido a el sustrato sufrió una deshidratación interna, lo que interrumpió el proceso de crecimiento del hongo.

La duración del ciclo total de producción en las condiciones del experimento, se ha observado que el tratamiento S1 ha tenido el tiempo más largo con 105 días, seguido por el tratamiento S2 con 88 días y finalmente el tratamiento S3 con 74 días. Por su parte Holgado (2018) y Chávez (2016) han reportado ciclos completos de 84 y 89 días.

Tabla 21. Etapas del cultivo de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, expresados en días

Etapas	Tratamientos		
	S1	S2	S3
Siembra (días)	1	1	1
Incubación – llenado del micelio en el sustrato (días)	26	22	26
Inducción – aparición de los primeros primordios (días)	12	11	9
Cosecha 1° Oleada (días)	15	16	19
Cosecha 2° Oleada (días)	24	17	19
Cosecha 3° Oleada (días)	26	22	-
Total (días)	105	88	74

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

4.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL HONGO OSTRAS

Los costos de producción y análisis económico fueron estimados en base a una tonelada de materia orgánica seca/año donde se contempla 3 ciclos de producción, según los datos de producción promedios de cada tratamiento. (Ver Anexo 1,2,3)

Tabla 22. Resumen de los costos de producción y análisis económico por tratamientos

Orden de mérito	Trat.	Producción total	Costo total	Precio Beneficio bruto del hongo	Ingreso bruto	Ingreso neto	Rentabilidad	C/B
		(kg)	S/	S/	S/	S/	%	
1	S2	868	8,924.95	17.00	14,756.00	5,831.05	65.33	1.7
2	S1	796	8,504.95	17.00	13,532.00	5,027.05	59.11	1.6
3	S3	596	8,609.95	17.00	10,132.00	1,522.05	17.68	1.2

(*) mayor índice de beneficio costo

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 22, muestra un resumen del análisis económico por tratamiento, en donde se observa las diferencias en cada uno de los ellos. El tratamiento S2=Sustrato de totora ha tenido la rentabilidad más alta con 65.33%, sin embargo, tiene el costo de producción más alto en comparación a los demás tratamientos, lo que significa que producir 868 kg de hongo fresco nos costara S/ 8,924.95 Soles.

Con respecto al análisis económico, se ha estimado que el tratamiento S2 = Sustrato de heno de totora, ha obtenido la mayor relación costo/beneficio con S/ 1.7, por lo que se deduce que, por cada sol que se invierta se generará S/ 0.7 soles de beneficio neto, con un precio de venta S/ 17 Soles por 1 kg de hongo fresco, considerando que en el mercado nacional el precio normal es de S/ 20 soles. Por lo tanto, se tiene una ventaja comparativa para ingresar al mercado ofreciendo precios más competitivos.

Comparativamente, Cárdenas (2015) realizó una estimación de costos de producción y análisis económico en la producción de hongo ostra con la utilización de rastrojo de maíz, obteniendo una utilidad neta de S/ 1.45 Soles por cada Sol invertido, en condiciones de climáticas del departamento de Cusco.



V. CONCLUSIONES

- Los mayores rendimientos en la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, ha resultado de la utilización del sustrato de paja de avena y heno de totora con 24.11% y 22.25% respectivamente. Lo que quiere decir que, de 1 kg de sustrato húmedo de paja de avena o heno de totora se obtiene 0.24 y 0.22 kg de hongo fresco respectivamente.
- El hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm ha logrado una alta eficiencia biológica en los sustratos de heno de totora y la paja de avena con 86.8% y 79.6%. Que es lo mismo decir, que para obtener 0.87 y 0.79 kg de hongo frescos se necesita 1 Kg de sustrato seco heno de totora o de paja de avena respectivamente.
- La tasa de producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm inoculado en el sustrato de heno de totora presentó la tasa de producción más alta con 1.3%/día.
- En las condiciones del presente estudio, el ciclo productivo del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm fue entre 75 - 105 días, registrado 4 etapas de producción (Siembra, Incubación, inducción a la fructificación y cosecha)
- La utilización del sustrato de Heno de totora, para producir el hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm ha generado una mayor rentabilidad de 65% y un Beneficio/costo de 1.7, con un beneficio neto de S/0.7 por cada sol invertido.



VI. RECOMENDACIONES

- Para la producción de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm se recomienda utilizar el heno de totora, por ser un sustrato que permite un mayor rendimiento, mayor eficiencia biológica y alto beneficio económico, Sin embargo, para su utilización se recomienda realizar análisis de laboratorio para descartar presencia de contaminantes.
- Para futuras investigaciones se recomienda elaborar mezclas entre diferentes sustratos que permita mejorar la eficiencia biológica del Hongo ostra, por consiguiente, mejorar la capacidad productiva en la provincia de Puno.
- Se recomienda realizar estudios para iniciar con la producción de semilla de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm u otras especies propias del altiplano puneño.
- Realizar estudios con respecto a la utilización de la broza de quinua como sustrato para la producción de hongos, ya q es un sustrato abundante y barato en la región de Puno, y posee un alto potencial para producir alimentos sanos, inocuos y además nutritivos.
-



VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, U., & Bustos, Z. (1998). *Cultivo de Pleurotus ostreatus, en la planta Probiote*. Tesis, Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas.
- Agrios, G. (1995). *Enfermedades de las plantas causadas por hongos. Capítulo 11. Fitopatología general*. Limusa S.A.
- Aranibar, D. (2008). Fuego afecta la Biodiversidad de la zona protegida. Quema 1,400 hectáreas de totorales del Titicaca. *Diario Perú 21*, pág. 18.
- Ardón López, C. (2007). *La producción de hongos comestibles*. Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 09 de Noviembre de 2019, de http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2043/07_19
- Baltazar Laura, A. (2016). *Obtención de biocombustible sólido de segunda generación a partir de tallos de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) y hojas de eucalipto (Eucaliptus globulus), con máxima potencial calorífica*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno.
- Bautista, M., Alanís, M., Gónzales , E., & García , C. (1998). *Composición química de tres cepas mexicanas de setas (Pleurotus ostreatus)*. México: ALAN.
- Cáceres Choque, C. A. (2017). *Cultivo de Champiñon ostra (Pleurotus ostreatus) sobre residuos de quinua y cebada, y efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante*. Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Puno. Recuperado el 24 de Enero de 2018
- Candia, C. (2009). *“Evaluación de sustratos lignocelulosicos para la producción de Pleurotus ostreatus (Jacq. Fr) Kummer Tesis Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco*. Cusco.
- Cárdenas, Y. (2015). *Efecto de los sustratos a base de residuos agrícolas, en el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus Jacquin Fries Kummer, Distrito de Santa Ana, la Convención*. Tesis, Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco., Cusco, Cusco. Recuperado el 12 de Enero de 2019
- Carvajal, G. (2010). *Evaluación de la producción del hongo Pleurotus ostreatus sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tambo de cebada, tambo de vicia, tambo de*



- avena y paja de paramo) enriquecidos con tuza molida, afecho de cebada y carbonato de calcio.* Tesis de grado de título, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <https://es.slideshare.net/jeanpierregutierrezhuaman/pleurotus-ostreatus>
- Chambi Quispe , G., & Cancapa Cáceres, V. (2012). *Determinación de parámetros del equipo refinador de pasta para la obtención de papel kraft a partir de tallos de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Puno.
- Chang, S., & Miles, G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effects and Environmental Impact* (Segunda ed.). La Florida.
- Chang, S., & Miles, P. (2004). *Hongos: Valor alimenticio, Efecti Medicinal e impacto ambiental*. CRC Press.
- Condori Quispe, D. (2010). *Evaluación de las propiedades físicas químicas y ópticas del papel tipo glassine obtenido a partir de fibras de Totora (Shoenoplectus tatora)*. Tesis: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial - FCA, Univesidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Crisan, E., & Sands, A. (1978). *Nutricional Value*. In: Chang ST, Hayes WA (Eds.) *The Biology nd cultivation of edible mushrooms*. London. Press, Academic.
- Cruz, D., López de León, E., Pascual, L., & Batlaglia, M. (2010). *Guía técnica de Producción de hongos comestibles de la especie Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*. Recuperado el 15 de Enero de 2020
- Del Toro, G., Castelán, R., & Aguilar, G. (2006). *Biological quality of proteins from three strains of pleurotus spp, Food Chemistry*.
- DRA-Puno. (12 de Febrero de 2019). *Información estadística*. Obtenido de <https://www.agropuno.gob.pe/informacion-estadistica/>
- Erik Nikol, M. (2017). *Comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de Pleurotus ostreatus*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.



- FAO. (2011). *Quinoa. An ancient crop to contribute to world food security. Regional office for Latin America and the Caribbean*. Rome.
- Fennema, F. (2000). *Química de alimentos* (Segunda ed.). Zaragoza, España: Acribia S. A. .
- Fernández, F. (2004). *Guía práctica de producción de setas (Pleurotus spp.)*. (F. Asesorías, Ed.) México, Guadalajara, Jalisco.
- Galindo, J. (1991). *Cultivo moderno de champiñón*. Madrid, España: Mundi - Prensa.
- Gutierrez Tito, E. (2014). *Captura y almacenamiento de carbono como servicio ambiental de los totorales en la Reserva Nacional del Titicaca - sector Puno*. Puno.
- Guzmán, G. (1997). *Hongos* (3ra ed.). México: Limusa.
- Guzman, G. (2000). El género *Pleurotus* (Agaricales): Diversidad, problemas taxonómicos usos culturales y tradicionales y medicinales. *Publicación internacional de hongos medicinales, Vol 2*, 95-123.
- Hanna, J., & Hornick, C. (1977). *Use of coca leaf in southern Perú. Adaptación or addiction. Bull Narc.*
- Hernández, R., & López, C. (2005). *Evaluación del crecimiento y Producción de Pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundimarca*. Pontificia Universidad Javeriana, Cundimarca. Recuperado el Diciembre de 2019, de www.javeriana.edu.co/252Fbiblos/252Ftesis/252Fciencias/252Ftesis
- Holgado Rojas, M. (2018). *Evaluación de la Producción de Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay - Ccorca, Cusco*. Arequipa.
- Holgado Rojas, M. (2018). *Evaluación de la Producción de Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay - Ccorca, Cusco*. Tesis de Grado, Universidad de San Agustín de Arequipa. Escuela de Post grado de la Facultad de ciencias biológicas, Arequipa, Arequipa.



- Martínez, D. N.; Curvetto, M.; Sobal, P.; Morales, M.; Mora M.;. (2010). “*Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción – consumo de*. Puebla.
- Mata, G., & Martinez, D. (2008). Estimación de la Producción de residuos agroindustriales potenciales utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. *Revista Mexicana de Micología*, N° 04, 287 - 296.
- Mejía, E. (2000). *Producción de pulpa y papel artesanal de totora*. Investigador asociado al Centro Nacional de Fibras Naturales PUCE-I, Ecuador.
- Monterroso, O. (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 de hongo Pleurotus djamor (Cepa ECS -152)*. USAC. Guatemala.
- OEI, P. (2003). El cultivo de hongo. *Revista tecnológica*.
- Pavlich, H. (2001). Cultivo de hongos comestibles del Perú en residuos lignocelulósicos. *Biota* N° 100.
- Pavlich, M., & Chimey, C. (2001). Los hongos comestibles del Perú. *Revista Peruana de Ciencias Biológicas BIOTA*, 3-19.
- Pelincó Ruelas, E. (2017). *Estimación de captura de dióxido de carbono en Totorales de la Reserva Nacional del titicaca secto Puno*. Puno.
- Quispe, G. (2005). *Evaluación de la Propiedades del Papel Kraft obtenido a partir del tallo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Tesis F.C.A. Ingeniería Agroindustrial UNA - PUNO, Universidad Nacional del Altiplano , Puno.
- Ramos Condori, N. (2018). *Producción de tres especies de Pleurotus spp (P. Ostreatus, P. djamor y P. eryngii) utilizando diferentes sustratos en el centro agronómico k'ayra - San Jeronimo*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Ramos Condori, N. I. (2018). *Producción de tres especies de Pleurotus spp (P.ostreatus, P. djamor y P.eryngii) utilizando diferentes sustratos, en el Centro Agronómico K'ayra - San Jeronimo*. Cusco. Tesis de grado, Cusco. Recuperado el 21 de Enero de 2019



- Reyes, G.R.; Abella, A. E.; Eguchi, F.; Lijima, T.; Higaki, M.; Quimio, T. H.;. (2004). Growing paddy Straw mushroom. . *Mushroom grower's handbook 1 Oyster mushroom cultivation. Mushroom World*, 262-269.
- Rodríguez, N., & Gómez, F. (2001). *Formulación de sustratos lignocelulósicos (bagazo de caña de azúcar, coronta de maíz, peladilla de espagarragos) para la producción y calidad del hongo comestible Pleurotus ostreatus. Tesis Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo.*
- Rodríguez, N., & Zuluaga, J. (1994). *Cultivo de Pleurotus pulmonaris (Fr.) en pulpa de café. Cenicafé.*
- Roque, B., Echevarría, M., & Gómez, C. (2000). *Producción forrajera y valor nutricional de la totora (Scirpus tatora) en vacunos. Anales científicos, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima.*
- Rynk, R. (1992). *On-Farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. New York: Cooperative extensión.*
- Sánchez Herrera, D., Rustrián Portilla, E., Sánchez Sánchez, O., Pascal Houbbron, E., & Luna Rodríguez, M. (2016). Biodegradación como fuente de energía renovable. *Revista Ciencia.*
- Sánchez, F., & Royse D. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurtous spp. Colegio la frontera Sur (ECOSUR). Chiapas, México D.F.: Limusa.*
- Santos, A. (2008). *Evaluación de cinco sustratos orgánicos sobre el nivel de producción de hongo comestible (Pleurotus ostreatus; agaricales pleurotaceae), en la Finca Concepción. Tesis de Grado, Universidad Rafael Landivar de Guatemala, Departamento de Escuintia.*
- Sarangi, I., Ghosh, D., Bhutia, S., & Maiti, T. (2006). *Anti-tumor and inmunomodulatig effects of pleurous ostreatus mycelia-derived proteoglycans. Int Immunopharmacol.*
- Stamets, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms. Tenn Speed Press (Third Edition ed.). Berkeley, Toronto.*
- Stamets, P., & Chilton, J. (1983). *El Cultivo del hongo (Agarikon Press Olympia ed.). Washington.*



- Toledo Álvarez, M. (2008). *Residuos de Maíz y Quinoa como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles Pleurotus ostreatus*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Químicas. Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Riobamba.
- Vargas, J., Beltran, K., & Rodriguez , P. (2001). *Inventario Nacional de Emisiones Gaseosas que producen el Efecto Invernadero en el Sector Agrícola*. Quito.
- Zarate, J. (2015). *Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de Pleurotus ostreatus (Jacq.), cultivados en restos de cosecha*. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.



ANEXOS

Anexo 1: Costos de Producción y análisis económico del Tratamiento S1

DESCRIPCIÓN	UM	CANT	P. UNID S/	C. TOTAL S/
I. COSTOS VARIABLES				5,519.00
1. Insumos				4,679.00
Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	100	20.00	2000.00
Paja de Avena picado puesto en planta	Ton	1.0	210.00	210.00
Cal agrícola	Sacos	20	35.00	700.00
Jabón líquido 400 m l	Unid.	6	5.50	33.00
Hipodorito sódico 3.5 l	Unid.	1	15.00	15.00
Plumón indeleble	Unid.	6	2.00	12.00
Bolsas 20x30 cm (100 unid/paquete)	Paquetes	10	15.00	150.00
Bandeja de Poliestireno	Ciento	20	10.00	200.00
Rollos de Film de PVC	Rollo	20	6.00	120.00
Paquete de etiquetas	Millar	2	200.00	400.00
Cilindro para desinfección de sustratos	Unid.	3	45.00	135.00
Guantes	Paquetes	1	50.00	50.00
Mandiles	Unid.	3	40.00	120.00
Barbijos desesables	Paquetes	1	50.00	50.00
Lavadores	Unid.	3	10.00	30.00
Alcohol de 96" 1 Lt	Unid.	2	14.00	28.00
Gas	Unidad	6	35.00	210.00
Navaja	Unid	6	1.00	6.00
Plástico	m	30	7.00	210.00
2. Labores culturales				720.00
Esterilización y sembrado	Jornal	6	60.00	360.00
Cosecha	Jornal	3	60.00	180.00
Empaquetado	Jornal	3	60.00	180.00
4. Otros Gastos				120.00
Consumo de Agua	Servicio	12	10.00	120.00
II. COSTOS FIJOS				2,985.95
Energía Eléctrica	Servicio	12	5.00	60.00
Termómetro máxima y mínima - 40 a + 50	Unid	2	30.00	60.00
pHmetro	Unid	1	60.00	60.00
Termómetro digital	Unid	1	50.00	50.00
Alquiler de instalaciones	Servicio	12	130.00	1560.00
Kit Riego automatizado	Jornal	1	800.00	800.00
Cocina Industrial	Unid	1	120.00	120.00
Gasos administrativos	%	5		275.95
TOTAL				8,504.95

ANÁLISIS ECONÓMICO

Producción total	kg/t	796.00
Costo total	S/	8,504.95
Precio	S/	17.00
Ingreso bruto	S/	13,532.00
Ingreso neto	S/	5,027.05
Rentabilidad	%	59.11
Relación Beneficio Costo		1.6



Anexo 2: Costos de Producción y análisis económico del Tratamiento S2

DESCRIPCIÓN	UM	CANT	P. UNID S/	C. TOTAL S/
I. COSTOS VARIABLES				5,919.00
1. Insumos				5,079.00
Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	117	20.00	2340.00
Heno de Tatora picado puesto en planta	Ton	1	270.00	270.00
Cal agrícola	Sacos	20	35.00	700.00
Jabón líquido 400 m l	Unid.	6	5.50	33.00
Hipodorito sódico 3.5 l	Unid.	1	15.00	15.00
Plumón indeleble	Unid.	6	2.00	12.00
Bolsas 20x30 cm (100 unid/paquete)	Paquetes	10	15.00	150.00
Bandeja de Poliestireno	Ciento	20	10.00	200.00
Rollos de Film de PVC	Rollo	20	6.00	120.00
Paquete de etiquetas	Millar	2	200.00	400.00
Cilindro para desinfección de sustratos	Unid.	3	45.00	135.00
Guantes	Paquetes	1	50.00	50.00
Mandiles	Unid.	3	40.00	120.00
Barbijos desesables	Paquetes	1	50.00	50.00
Lavadores	Unid.	3	10.00	30.00
Alcohol de 96" 1 Lt	Unid.	2	14.00	28.00
Gas	Unidad	6	35.00	210.00
Navaja	Unid	6	1.00	6.00
Plástico	m	30	7.00	210.00
2. Labores culturales				720.00
Esterilización y sembrado	Jornal	6	60.00	360.00
Cosecha	Jornal	3	60.00	180.00
Empaquetado	Jornal	3	60.00	180.00
4. Otros Gastos				120.00
Consumo de Agua	Servicio	12	10.00	120.00
II. COSTOS FIJOS				3,005.95
Energía Eléctrica	Servicio	12	5.00	60.00
Termómetro máxima y mínima - 40 a + 50	Unid	2	30.00	60.00
pHmetro	Unid	1	60.00	60.00
Termómetro digital	Unid	1	50.00	50.00
Alquiler de instalaciones	Servicio	12	130.00	1560.00
Kit Riego automatizado	Jornal	1	800.00	800.00
Cocina Industrial	Unid	1	120.00	120.00
Gasos administrativos	%	5		295.95
TOTAL				8,924.95

ANÁLISIS ECONÓMICO

Producción total	kg/t	868.00
Costo total	S/	8,924.95
Precio	S/	17.00
Ingreso bruto	S/	14,756.00
Ingreso neto	S/	5,831.05
Rentabilidad	%	65.33
Relación Beneficio Costo		1.7



Anexo 3: Costos de Producción y análisis económico del Tratamiento S3

DESCRIPCIÓN	UM	CANT	P. UNID S/	C. TOTAL S/
I. COSTOS VARIABLES				5,619.00
1. Insumos				4,779.00
Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	105	20.00	2100.00
Broza de quinua picado puesto en planta	Ton	1.0	210.00	210.00
Cal agrícola	Sacos	20	35.00	700.00
Jabón líquido 400 m l	Unid.	6	5.50	33.00
Hipodorito sódico 3.5 l	Unid.	1	15.00	15.00
Plumón indeleble	Unid.	6	2.00	12.00
Bolsas 20x30 cm (100 unid/paquete)	Paquetes	10	15.00	150.00
Bandeja de Poliestireno	Ciento	20	10.00	200.00
Rollos de Film de PVC	Rollo	20	6.00	120.00
Paquete de etiquetas	Millar	2	200.00	400.00
Cilindro para desinfección de sustratos	Unid.	3	45.00	135.00
Guantes	Paquetes	1	50.00	50.00
Mandiles	Unid.	3	40.00	120.00
Barbijos desesables	Paquetes	1	50.00	50.00
Lavadores	Unid.	3	10.00	30.00
Alcohol de 96" 1 Lt	Unid.	2	14.00	28.00
Gas	Unidad	6	35.00	210.00
Navaja	Unid	6	1.00	6.00
Plástico	m	30	7.00	210.00
2. Labores culturales				720.00
Esterilización y sembrado	Jornal	6	60.00	360.00
Cosecha	Jornal	3	60.00	180.00
Empaquetado	Jornal	3	60.00	180.00
4. Otros Gastos				120.00
Consumo de Agua	Servicio	12	10.00	120.00
II. COSTOS FIJOS				2,990.95
Energía Electrica	Servicio	12	5.00	60.00
Termómetro máxima y mínima - 40 a + 50	Unid	2	30.00	60.00
pHmetro	Unid	1	60.00	60.00
Termómetro digital	Unid	1	50.00	50.00
Alquiler de instalaciones	Servicio	12	130.00	1560.00
Kit Riego automatizado	Jornal	1	800.00	800.00
Cocina Industrial	Unid	1	120.00	120.00
Gasos administrativos	%	5		280.95
TOTAL				8,609.95
ANALISIS ECONÓMICO				
Producción total		kg/t		596.00
Costo total		S/		8,609.95
Precio		S/		17.00
Ingreso bruto		S/		10,132.00
Ingreso neto		S/		1,522.05
Rentabilidad		%		17.68
Relación Beneficio Costo				1.2



Anexo 4: Análisis de varianza y prueba de comparación para la variable de rendimiento, procesado con el programa informático minitab v.18

ANOVA de un solo factor: T1, T2, T3

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.029265	0.014632	27.74	0.000
Error	18	0.009494	0.000527		
Total	20	0.038758			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0229658	75.51%	72.78%	66.66%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	7	0.51305	0.01858	(0.49482, 0.53129)
T2	7	0.4907	0.0297	(0.4725, 0.5090)
T3	7	0.42510	0.01881	(0.40687, 0.44334)

Desv.Est. agrupada = 0.0229658

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
T1	7	0.51305	A
T2	7	0.4907	A
T3	7	0.42510	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 5: Análisis de varianza y prueba de comparación para la variable de eficiencia biológica, procesado con el programa informático minitab v.18

ANOVA de un solo factor: S. Paja Avena, S. Heno Totorá, ... oza Quinua

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	S. Paja Avena, S. Heno Totorá, S. Broza Quinua

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	9.609	4.8047	31.49	0.000
Error	18	2.746	0.1526		
Total	20	12.355			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.390583	77.77%	75.31%	69.75%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
S. Paja Avena	7	8.915	0.296	(8.605, 9.225)
S. Heno Totorá	7	9.304	0.517	(8.993, 9.614)
S. Broza Quinua	7	7.714	0.320	(7.404, 8.025)

Desv.Est. agrupada = 0.390583

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
S. Heno Totorá	7	9.304	A
S. Paja Avena	7	8.915	A
S. Broza Quinua	7	7.714	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 6: Análisis de varianza y prueba de comparación para la variable tasa de producción, procesado con el programa informático minitab v.18

ANOVA de un solo factor: S. Paja Avena; S. Heno Totora; ... oza Qui

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	S. Paja Avena; S. Heno Totora; S. Broza Quinoa

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.08776	0.043882	20.53	0.000
Error	18	0.03847	0.002137		
Total	20	0.12623			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0462281	69.53%	66.14%	58.52%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
S. Paja Avena	7	1.2505	0.0392	(1.2138; 1.2872)
S. Heno Totora	7	1.3399	0.0608	(1.3032; 1.3766)
S. Broza Quinoa	7	1.1820	0.0344	(1.1453; 1.2187)

Desv.Est. agrupada = 0.0462281

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
S. Heno Totora	7	1.3399	A
S. Paja Avena	7	1.2505	B
S. Broza Quinoa	7	1.1820	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 7. Detalles de la conformación de las Unidades Experimentales

Tratamientos	U. E.	Peso Sustrato	Peso Sustrato	Peso de Semilla inoculada
		Seco	Humedo	de hongo ostra
		kg	kg	g
S1	S11	1	3.3	165
	S12	1	3.3	165
	S13	1	3.3	165
	S14	1	3.3	165
	S15	1	3.3	165
	S16	1	3.3	165
	S17	1	3.3	165
S2	S21	1	3.9	195
	S22	1	3.9	195
	S23	1	3.9	195
	S24	1	3.9	195
	S25	1	3.9	195
	S26	1	3.9	195
	S27	1	3.9	195
S3	S31	1	3.5	175
	S32	1	3.5	175
	S33	1	3.5	175
	S34	1	3.5	175
	S35	1	3.5	175
	S36	1	3.5	175
	S37	1	3.5	175

S1=Sustrato Paja de avena, S2=Sustrato Heno de Totora, S3=Sustrato broza de quinua

Anexo 8.

Peso acumulado de los basidiocarpos del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (g) según repeticiones y tratamientos

Repeticiones	Tratamientos			Promedio
	S1	S2	S3	
1	850	739	555	
2	802	1021	592	
3	784	912	617	
4	798	770	599	
5	820	886	603	
6	689	917	524	
7	826	830	682	
ΣT	5569	6075	4172	5272
\bar{x}	796	868	596	753

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato Heno de Totora, S3 = Sustrato Broza de quinua

Fuente: Elaboración propia



Anexo 9.

Rendimiento de basidiocarpos del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (%) según repeticiones y tratamientos

Repeticiones	Tratamientos			Promedio
	S1	S2	S3	
1	25.76	18.95	15.86	
2	24.30	26.18	16.91	
3	23.76	23.38	17.63	
4	24.18	19.74	17.11	
5	24.85	22.72	17.23	
6	20.88	23.51	14.97	
7	25.03	21.28	19.49	
ΣT	168.76	155.77	119.20	147.91
\bar{x}	24.11	22.25	17.03	21.13

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua
Fuente: Elaboración propia

Anexo 10.

Eficiencia Biológica del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (%) según repeticiones y tratamientos

Repeticiones	Tratamientos			Promedio
	S1	S2	S3	
1	85.0	73.9	55.5	
2	80.2	102.1	59.2	
3	78.4	91.2	61.7	
4	79.8	77.0	59.9	
5	82.0	88.6	60.3	
6	68.9	91.7	52.4	
7	82.6	83.0	68.2	
ΣT	556.9	607.5	417.2	527.2
\bar{x}	79.6	86.8	59.6	75.3

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua
Fuente: Elaboración propia

Anexo 11

Tasa de producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (%/día) según repeticiones y tratamientos

Repeticiones	Tratamientos			Promedio
	S1	S2	S3	
1	1.2	1.1	0.9	
2	1.0	1.6	0.8	
3	1.0	1.4	0.9	
4	1.0	1.2	0.9	
5	1.1	1.2	0.9	
6	0.9	1.4	0.8	
7	1.1	1.2	1.0	
ΣT	7.5	9.1	6.3	7.6
\bar{x}	1.1	1.3	0.9	1.1

S1 = Sustrato paja de avena, S2 = Sustrato heno de totora, S3 = Sustrato broza de quinua

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Características técnicas de un domo geodésico

CARACTERISTICAS TECNICAS DE UN DOMO GEODESICO

1. Seguridad

La liviandad de sus elementos y su excelente resistencia a las condiciones meteorológicas más extremas son debidas a su forma aerodinámica y a la alta calidad de los materiales. Resistente a vientos, tormentas, sismos y nieve. La forma geodésica del domo es el diseño más fuerte y robusto para soportar los vientos o la acumulación de nieve (son comunes en la antártica como observatorios y laboratorios).

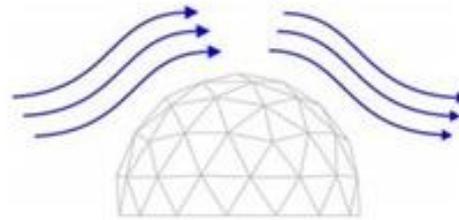


FIGURA: 1-10 AERODINAMICA DE UNA CÚPULA GEODESICA
FUENTE: TOKAMADERA.COM

Estabilidad

Los domos geodésicos Son estructuras que se auto-sustentan, por lo que no necesitan columnas ni cimientos y son muy resistentes a las inclemencias atmosféricas.

Con estabilidad estructural al estar compuesto por triángulos que son elementos indeformables, con unas cualidades excelentes para la resistencia a movimientos sísmicos, y temporales de vientos, lluvia e incluso nieve.

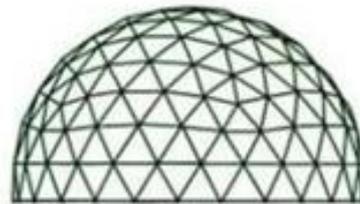
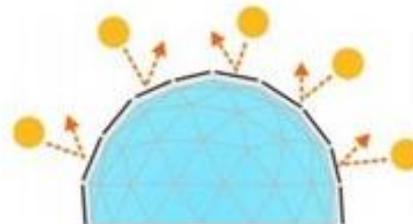


FIGURA: 1-11 ESTABILIDAD ESTRUCTURAL
FUENTE: TOKAMADERA.COM

Eficiencia Energética:

Independientemente de la orientación, la luz solar incide directamente en el domo durante todo el día y estación del año. Obteniendo de esta manera la mayor energía lumínica para disponer de luz natural en el interior. Dando la oportunidad de situar las entradas de luz por los triángulos que queramos. Esto permite que el domo sea muy eficiente energéticamente con el consiguiente ahorro de energía eléctrica y disfrutar de energías limpias.

FIGURA: 1-12 ABSORCIÓN Y REFLEXIÓN LUMINICA NATURAL
FUENTE: AUREART.NET



4. Estabilidad Térmica:

La no estanqueidad del flujo de calor y su distribución uniforme, así como la resistencia al paso del calor producto del aislamiento, produce ahorros de energía de hasta el 50% comparado con la construcción tradicional. Por su forma esférica, la circulación natural del aire caliente se puede aprovechar de manera óptima la calefacción que se reparte de manera muy equilibrada, reduciendo significativamente el consumo de energía.

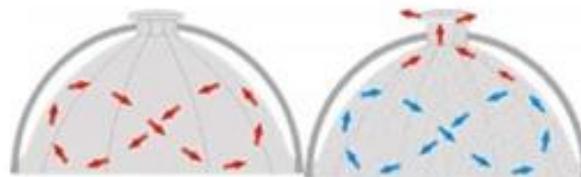


FIGURA: 1-13 ESTABILIDAD TÉRMICA
FUENTE: TOKAMADERA.COM

FUENTE: Calluqueo (2015)

Anexo 13: Croquis de diseño de domo geodésico para el ambiente de incubación y fructificación del cultivo de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm,

Medidas generales

Altura desde la base, m	3.15
Radio de la base, m	2.60-2.61
Área de la base, m ²	20.75
Área de la cubierta, m ²	50.31

Tamaños (unidades)

Caras	2 (105)
Aristas	3 (165)
Vértices	3 (61)

Travesaños 75x25mm

Longitud total de los travesaños, m	155.78
Volumen total de los travesaños, m ³	0.29
Longitud del travesaño, mm	814-983
Ángulo entre caras, °	165.54-168.64

Triángulos

Altura mín., mm	753-933
Longitud máx. del lado, mm	1069-1093

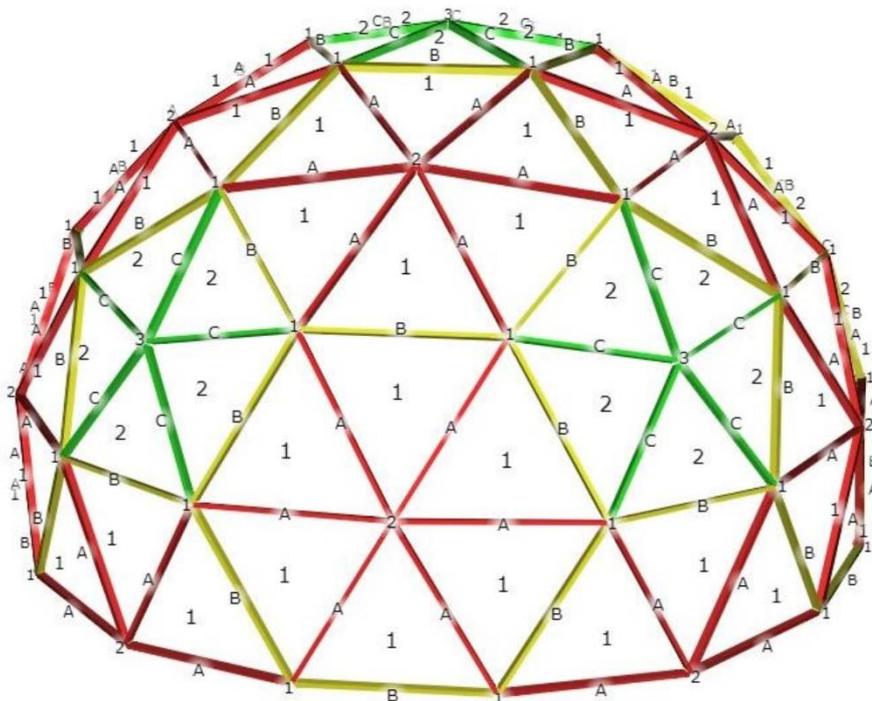


Figura 1d. Detalle de la Carcasa

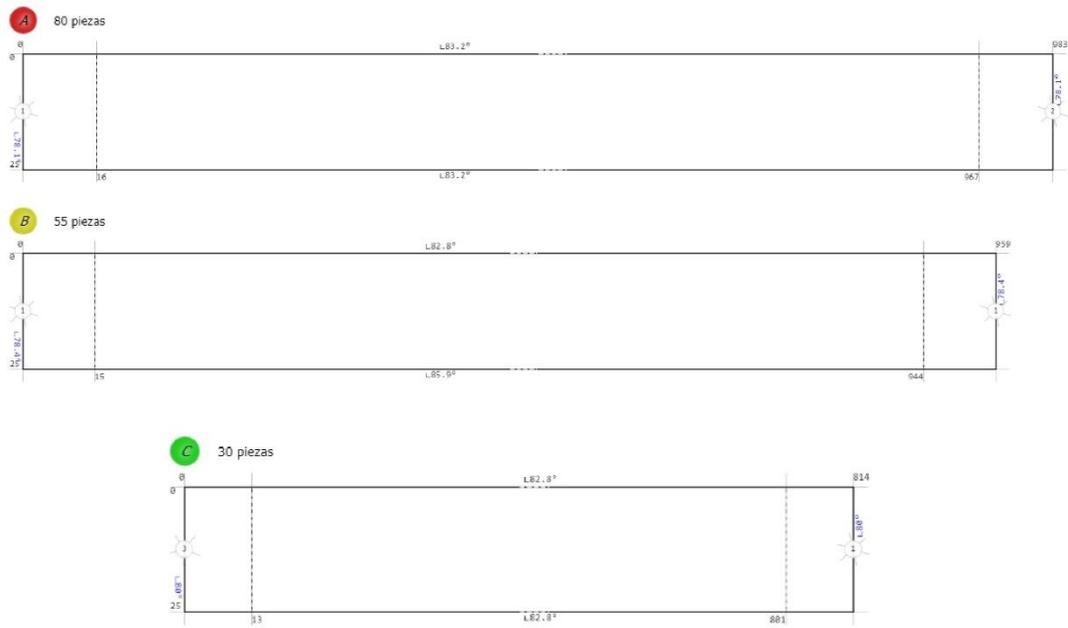


Figura 2d. Detalle de los travesaños

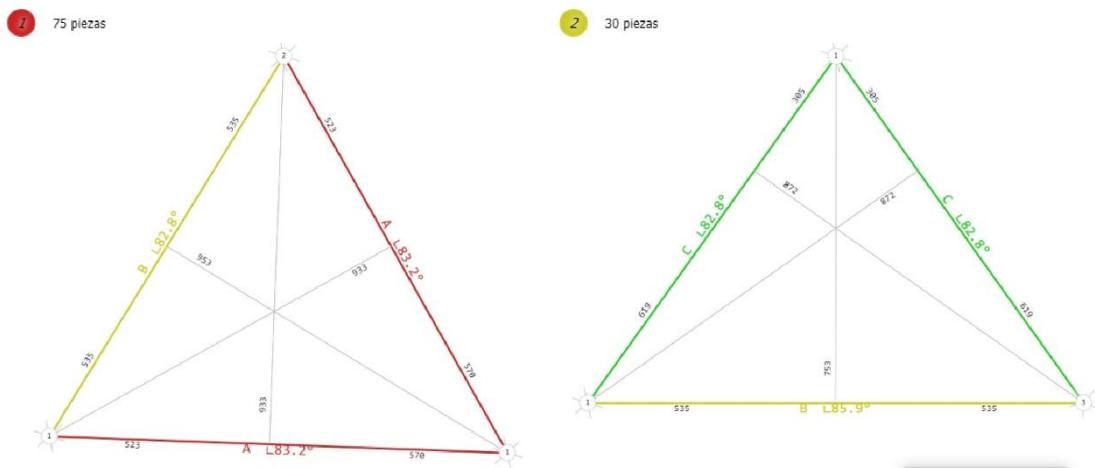


Figura 3d. Detalle de las formas triangulares

