

Artículo de Investigación**Evaluación de la producción de hongos gourmet (*Pleurotus ostreatus*), con el aprovechamiento de tres residuos lignocelulósicos en el Centro Experimental Cota Cota****Evaluation of the production of gourmet mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) using three types of lignocellulosic waste at the Cota Cota Experimental Center**

Álvaro Rodrigo Fernández Ríos, Celia Fernández Chávez, Jhony Wilfredo Romero

RESUMEN:

Con el objetivo de aprovechar residuos orgánicos ricos en celulosa, hemicelulosa, lignina entre otros macro y micronutrientes, los cuales muchas veces simplemente son desechados. Para este experimento se utilizó, aserrín, bagazo de caña y paja de cebada, como sustrato para el cultivo de hongos comestibles ostra (*Pleurotus ostreatus*) en el Centro Experimental Cota Cota, en un invernadero automatizado con condiciones adecuadas para el cultivo. Realizando primeramente el acopio, el picado en el caso de la paja de cebada y bagazo de caña, desinfección, pasteurización que es uno de los procedimientos más importantes para evitar el crecimiento de hongos patógenos. Luego se procedió a la inoculación, incubación y fructificación. Se tomaron las variables como: el número de cuerpos fructíferos (carpóforos), diámetro de sombrero, rendimiento en kg/12 m² de peso fresco, eficiencia biológica, tasa de producción, relación beneficio – costo. En un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial tomando como factor (A) fragmentación y factor (B) sustrato. Para el mayor número de carpóforos el tratamiento que mostró diferencias estadísticas fue, la paja de cebada con 25 carpóforos independientemente de la fragmentación factor (A) y la interacción de ambos factores. Los resultados para tener mejor diámetro de sombrero fue el tratamiento fragmentación en 3 partes + paja de cebada con 9.56 cm. El mayor rendimiento en kg de peso fresco es para el tratamiento sin fragmentación + aserrín, alcanzando 2.73 kg, en cuanto a la eficiencia biológica y la tasa de producción obtuvimos un resultado estadístico no significativo. Para el ciclo de producción el tiempo más corto se obtuvo con el tratamiento sin fragmentación con el sustrato paja de cebada con 107 días. Para el costo total tenemos al sustrato bagazo de caña con el menor costo con 7728,00 Bs. aserrín con 7758,00 Bs. y paja de cebada con 7848,00 Bs. Finalmente la mejor relación beneficio costo es para el tratamiento, aserrín sin fragmentar con una ganancia de 2,43 Bs por cada 1 Bs. invertido, en el otro extremo tenemos al bagazo de caña fragmentado en tres partes con 1.14 Bs de ganancia siendo también un resultado favorable y económicamente rentable.

PALABRAS CLAVE:

hongos gourmet, residuos lignocelulósicos, producción, sustrato paja de cebada.

ABSTRACT:

With the aim of utilizing organic waste rich in cellulose, hemicellulose, lignin, and other macro- and micronutrients, which are often simply discarded. For this experiment, sawdust, sugarcane bagasse, and barley straw were used as substrate for the cultivation of edible oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) at the Cota Cota Experimental Center, in an automated greenhouse with conditions suitable for this crop. First, the materials were collected, chopped in the case of barley straw and sugarcane bagasse, disinfected, and pasteurized, which is one of the most important procedures to prevent the growth of pathogenic fungi. Then, inoculation, incubation, and fruiting were carried out. During the fruiting stage, the substrate bag was divided into three parts, two parts and one as a control without fragmentation. The variables taken were: number of carpophores, cap diameter, yield in kg/m² of fresh weight, biological efficiency, production rate, and benefit-cost ratio. A completely randomized design with a two-factor arrangement was used, taking fragmentation as factor (A) and substrate as factor (B). For the highest number of carpophores, the treatment that showed statistical differences was barley straw with 25 carpophores, regardless of the fragmentation factor (A) and the interaction of both factors. The results for the best cap diameter were obtained with the treatment involving fragmentation into three parts + barley straw, with 9.56 cm. The highest yield in kg of fresh weight was obtained with the treatment without fragmentation + sawdust, reaching 2.73 kg. In terms of biological efficiency and production rate, we obtained a statistically insignificant result. For the production cycle, the shortest time was obtained with the treatment without fragmentation with the barley straw substrate at 107 days. For the total cost, we have the sugarcane bagasse substrate with the lowest cost at 7728,00 Bs., sawdust at 7758,00 Bs., and barley straw at 7848,00 Bs. Finally, the best cost-benefit ratio is for the treatment with unfragmented sawdust, with a profit of 2.43 Bs. for every 1,00 Bs. invested. At the other extreme, we have sugarcane bagasse fragmented into three parts, with a profit of 1.14 Bs., which is also a favorable and economically profitable result. as the most profitable.

KEYWORDS:

gourmet mushrooms, lignocellulosic waste, production, barley straw substrate.

AUTORES:

Álvaro Rodrigo Fernández Ríos: Centro Experimental Cota Cota, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

alroferig@gmail.com

Celia Fernández Chávez: Docente Investigador Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

Jhony Wilfredo Romero: Docente Investigador Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

DOI: <https://doi.org/10.53287/ovje8429ne99m>

Recibido: 17/10/2025. Aprobado: 12/12/2025.



INTRODUCCIÓN

El cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus ostreatus*, comúnmente conocido como hongo ostra, fue realizado por primera vez en el mundo a principios del siglo pasado y se ha incrementado en las últimas cinco décadas. En el año 1997 la producción de *Pleurotus ostreatus*, alcanzó el 14,2% de la producción total de esta especie en el mundo, China es el principal productor con el 86,8% de la producción mundial y con cerca de 800000 toneladas producidas al año (Garzón y Cuervo, 2008).

Wasser y Weiss (1999) citado por Vaca (2009), datos indican la presencia en los hongos comestibles de compuestos biológicamente activos como anticancerígenos, estimulantes de la función hepática, inmunomoduladores y anticolesterol. El *Pleurotus spp.* es uno de los hongos de la podredumbre blanca más extensamente estudiados debido a sus excepcionales propiedades lignocelulolíticas. Es un hongo comestible y también tiene varios efectos biológicos, ya que contiene importantes moléculas inactivas. Es una fuente rica de nutrientes, particularmente de proteínas y minerales, y de vitaminas B, C y D.

El hongo (*Pleurotus ostreratus*), tiene la habilidad de crecer en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos residuales y en un amplio rango de temperaturas, estas condiciones hacen que su cultivo sea el más sencillo de todos los hongos cultivados comercialmente. En la actualidad, la agricultura del país genera una cantidad considerable de desechos, como pajas de cereales, bagazo de caña y aserrín. Mediante el cultivo del hongo (*Pleurotus ostreatus*) es factible la transformación de estos subproductos, que en su mayor porcentaje tienen un escaso o ningún valor económico, un alimento proteico, de alto valor nutritivo y de buenas características organolépticas; que puede ser empleado para autoconsumo y para la venta (Ardón, 2004).

El objetivo es evaluar la producción de hongos gourmet (*Pleurotus ostreatus*), con el aprovechamiento de tres residuos lignocelulósicos en el Centro Experimental Cota Cota.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la Centro Experimental Cota Cota, ubicado dentro el campus universitario de la Universidad Mayor de San Andrés, dependiente de la Facultad de Agronomía, al sur de la ciudad de La Paz; el Centro Experimental Cota Cota se encuentra a una altitud de 3445 m.s.n.m. situándose a 16°32'10" latitud Sur y 68°03'51" longitud Oeste con una temperatura media de 11.8°C (IGM, 2022).

Material biológico

Cepa de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Material de campo

Aserrín, bagazo de caña, paja de cebada, sacos, cal apagada, cinta micropore, cinta masquin, embudo, bolsas de polipropileno, alcohol, peróxido de hidrógeno, encendedor, ligas de goma, tijeras, bisturí, estilete, fibra de poliéster siliconada, tela de malla, tubos PVC de 1 pulgada, picadora para forraje, cámara de aislamiento, balanza, mecheros puncen, cocina a gas y turril de 200 litros.

Metodología

Preparación del sustrato

El sustrato utilizado se picó en trozos con tamaños entre 1 a 2 cm, en este caso solo los rastrojos vegetales como el bagazo de caña y la paja de cebada se procesaron en la picadora. Una vez que se logró el tamaño indicado, se introdujo el material en yutes y se procedió al remojo durante 12 horas. Después de escurrir el exceso de agua se procedió a la pasteurización del sustrato dentro de los mismos sacos.

Se remojaron los sacos llenos de los sustratos a utilizar en una batea previamente preparada con agua y cal apagada para ayudar a eliminar patógenos como bacterias, virus y hongos y posterior secado hasta alcanzar un 70% de humedad.

Pasteurización por vapor

Este tipo de pasteurización por vapor es la más utilizada en la actualidad y es la que entrega mejores resultados. En tachos metálicos de 200 litros se adaptó una parrilla en el fondo de modo que las bolsas de 2 kg con sustrato, no tengan contacto con el agua en ebullición, este proceso tardó entre 4 horas aproximadamente, luego se dejaron enfriar las bolsas del sustrato por 12 a 15 horas para su posterior inoculación.

Inoculación

El área de inoculación fue sellada totalmente para impedir el ingreso de patógenos, así mismo se asperja al área con desinfectante y alcohol al 70% Luego de enfriar los sustratos pasan al área de siembra en la cual se mantuvo estándares de esterilidad en cuanto al área, materiales y equipos. Haciendo un orificio en el centro de la bolsa con un tubo PVC previamente esterilizado Se añadió el 5% de semilla por bolsa, se cerró la funda asegurándose no ajustar demasiado la liga para la aireación del hongo.

Incubación

Una vez que se comprobó que todas las unidades experimentales fueron invadidas del hongo se llevaron para ubicarlas en el área de fructificación. En esta área es indispensable la inocuidad por lo que se requirió de revisión permanente para extraer bolsas con microorganismo patógenos, realizando también el asperjado con alcohol al 70% y con el colocado de trampas con pegamento para insectos para evitar su propagación.

Diseño experimental

En esta investigación se utilizó el diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial (factor A= fragmentación, factor B= sustratos); con 9 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 27 unidades experimentales.

Factores a estudiar

El factor (A), consistió en fragmentar la bolsa con el micelio ya colonizado en el sustrato en tres tratamientos, los cuales se realizaron en el área de fructificación, estrategia que se adoptó para maximizar el aprovechamiento de los sustratos utilizados. Uno de los tratamientos nos sirvió como testigo es decir que no fue fragmentado, otro tratamiento fue la fragmentación en dos partes iguales y el tercer tratamiento la fragmentación se hizo en tres partes iguales.

Para el factor (B) se utilizó tres sustratos todos ellos adecuados para la producción de hongos comestibles, ya que tienen el requerimiento y aporte de nutrientes para el hongo ostra (aserrín, bagazo de caña de azúcar y paja de cebada).

Tabla 1. Interacción de los factores

| Tratamiento | Factor A | Factor B |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | Sin Fragmentar | Aserrín |
| 2 | Sin Fragmentar | Bagazo de caña |
| 3 | Sin Fragmentar | Paja de cebada |
| 4 | Fragmentado en 2 partes | Aserrín |
| 5 | Fragmentado en 2 partes | Bagazo de caña |
| 6 | Fragmentado en 2 partes | Paja de cebada |
| 7 | Fragmentado en 3 partes | Aserrín |
| 8 | Fragmentado en 3 partes | Bagazo de caña |
| 9 | Fragmentado en 3 partes | Paja de cebada |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de cuerpos fructíferos

Tabla 2. Análisis de varianza para la variable número de cuerpos fructíferos (carpóforos) del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
|---------------|--------|----|--------|------|---------|----|
| Fragmentación | 44,52 | 2 | 22,26 | 0,76 | 0,4835 | NS |
| Sustratos | 451,63 | 2 | 225,81 | 7,68 | 0,0039 | ** |
| Fragmentación | 98,81 | 4 | 24,7 | 0,84 | 0,5177 | NS |
| *Sustratos | | | | | | |
| Error | 529,33 | 18 | 29,41 | | | |
| Total | 1124,3 | 26 | | | | |

Realizando el análisis de varianza para el número de cuerpos fructíferos (carpóforos), donde el factor A (fragmentación), no presentó diferencias estadísticas obteniendo así un valor de ($p=0,4835$), tampoco se evidencian diferencias estadísticas significativas para la interacción (fragmentación * sustrato) con un valor de ($p=0,5177$), en tanto que el factor B (sustrato) si mostró diferencias estadísticas altamente significativas con un valor de ($p=<0,0039$). Siendo este último un valor con el

cual debemos realizar la prueba Duncan para su mejor análisis y comprensión de la variable de respuesta.

La prueba Duncan, un análisis comparativo entre los tres sustratos (aserrín, bagazo de caña y paja de cebada,) en relación con el número de cuerpos fructíferos (carpóforos). Los resultados indican que la paja de cebada con 25 cuerpos fructíferos (carpóforos) (A) es el sustrato más efectivo en relación a los otros sustratos bagazo de caña y aserrín con 18 y 15 cuerpos fructíferos (carpóforos) obteniendo una clasificación (B).

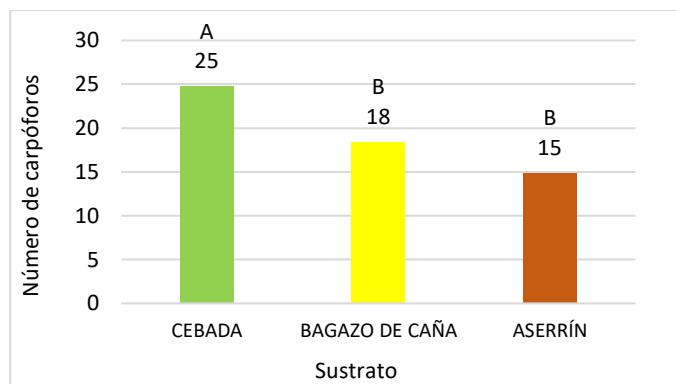


Figura 1. Prueba Duncan para el efecto del factor B (sustrato) en relación al número de cuerpos fructíferos (carpóforos) del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

Diámetro de sombrero

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable diámetro de sombrero en (cm) del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
|---------------------------|-------|----|------|-------|---------|----|
| Fragmentación | 3,39 | 2 | 1,7 | 5,91 | 0,0106 | * |
| Sustratos | 6,53 | 2 | 3,27 | 11,39 | 0,0006 | ** |
| Fragmentación * Sustratos | 10,03 | 4 | 2,51 | 8,74 | 0,0004 | ** |
| Error | 5,16 | 18 | 0,29 | | | |
| Total | 25,11 | 26 | | | | |

El análisis de varianza para la variable diámetro de sombrero del cultivo hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en los tratamientos, podemos ver que existe un efecto estadísticamente significativo para el factor A (fragmentación) con un valor de ($p=0,0106$), así también para el factor B (sustratos) y la interacción de ambos factores (fragmentación * sustratos) se evidencia diferencias altamente significativas con valores obtenidos de ($p=0,0006$) ($p=0,0004$) respectivamente en cuanto al diámetro de sombrero del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*.

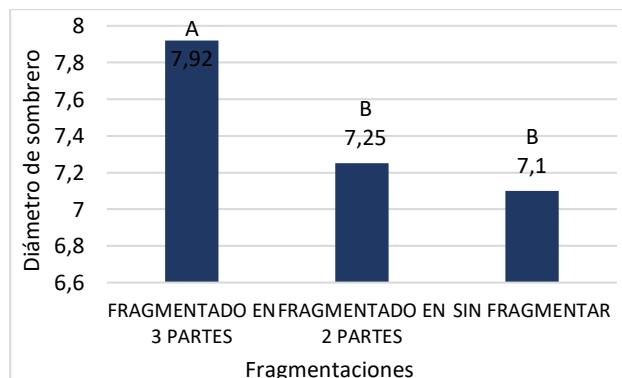


Figura 2. Prueba Duncan para el efecto factor A (fragmentación) en relación al diámetro de sombrero del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

La prueba Duncan, el análisis comparativo para el efecto, factor A (fragmentación) en relación al diámetro de sombrero del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Tenemos la fragmentación en 3 partes el que

obtuvo mayor diámetro con un promedio de 7,92 cm, (A). La fragmentación en 2 partes y sin fragmentación con un diámetro de sombrero de 7,25 cm y 7,1 cm (B) respectivamente, con 1,2 cm de diferencia entre ambos.

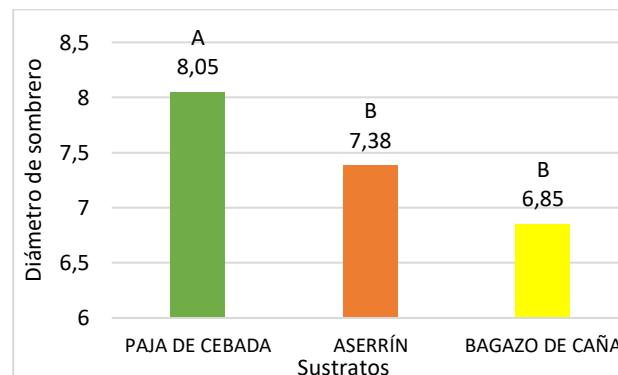


Figura 3. Prueba Duncan para el efecto, factor B (sustrato) en relación al diámetro de sombrero del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

La prueba Duncan, el análisis comparativo para el efecto, factor B (Sustrato) en relación al diámetro de sombrero del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), tenemos al sustrato paja de cebada con el mejor diámetro de sombrero con 8,05 cm (A). El aserrín y bagazo de caña obtuvieron valores inferiores a la paja de cebada, pero también con un buen diámetro de sombrero y por lo tanto un efecto morfológico favorable, con 7,38 cm para el sustrato aserrín y 6,85 cm para el sustrato bagazo de caña obteniendo una clasificación (B).

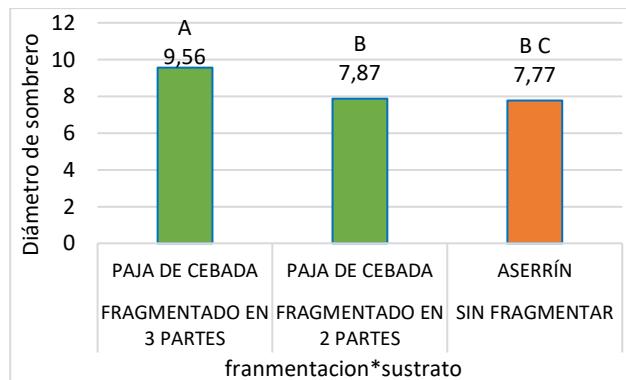


Figura 4. Prueba Duncan para el efecto de la interacción de ambos factores, (fragmentación * sustrato) en relación al diámetro de sombrero del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

Rendimiento

Tabla 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en (kg/12 m²) peso fresco del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
|---------------------------|------|----|------|------|---------|----|
| Fragmentación | 0,39 | 2 | 0,19 | 2,59 | 0,1027 | NS |
| Sustratos | 0,86 | 2 | 0,43 | 5,75 | 0,0117 | * |
| Fragmentación * Sustratos | 1,13 | 4 | 0,28 | 3,79 | 0,0209 | * |
| Error | 1,34 | 18 | 0,07 | | | |
| Total | 3,71 | 26 | | | | |

El análisis de varianza para la variable rendimiento en (kg/12 m²) de peso fresco del cultivo hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), se determina que existe un efecto estadísticamente no significativo para el factor A (fragmentación) con un valor de (p=0,1027), y tanto como para el factor B (sustratos) y la interacción de ambos factores (fragmentación * sustratos) se evidencia diferencias significativas con valores de (p=0,0117) y (p=0,0209) respectivamente.

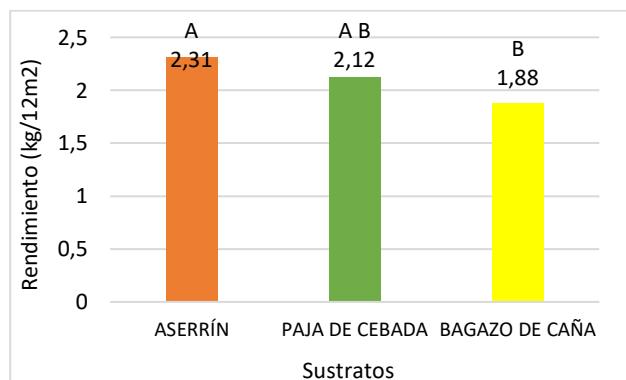


Figura 5. Prueba Duncan para el efecto, factor B (sustrato) en relación al rendimiento en (kg/12 m²) del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

La prueba Duncan para el efecto, factor B (sustrato) con relación al rendimiento (kg/12 m²) de peso fresco del cultivo hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), donde se observa que el sustrato aserrín es superior a los demás tratamientos y presenta mejor rendimiento en promedio

La prueba Duncan, el análisis comparativo para el efecto de la interacción de ambos factores (fragmentación * sustratos) en relación al diámetro de sombrero del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), obtuvimos resultados donde indican que la combinación óptima fue la fragmentación en 3 partes con el sustrato paja de cebada, alcanzando 9,56 cm de diámetro (A). También observamos que la fragmentación en 2 partes con el sustrato paja de cebada obtuvo un diámetro de 7,87 cm (B), y en tercer lugar tenemos la combinación sin fragmentar con el sustrato aserrín con un diámetro de 7,77 cm (B C).

de 2,31 kg/12 m² (A). Luego tenemos al sustrato paja de cebada que presenta un promedio de 2,12 kg/12 m² (A B). Y finalmente el sustrato con menor rendimiento es el bagazo de caña con 1,88 kg/12 m² (B).

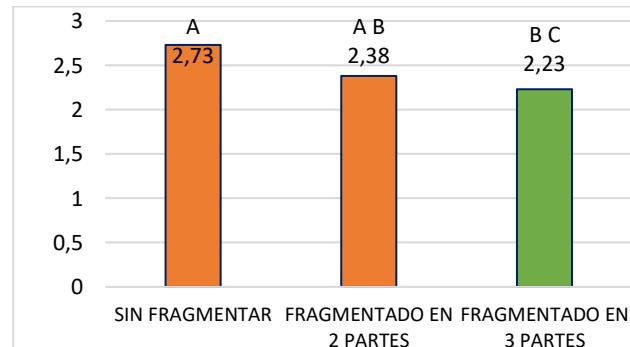


Figura 6. Prueba Duncan para el efecto de la interacción de ambos factores, fragmentación * sustrato en relación al rendimiento en (kg/12 m²) del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

La prueba Duncan, el análisis comparativo para el efecto de la interacción de ambos factores (fragmentación * sustratos) en relación al rendimiento en kg/12 m² de peso fresco. Los resultados indican la combinación óptima para el tratamiento sin fragmentación con el aserrín, alcanzando 2,73 kg/12 m² (A), superando a todas las demás combinaciones. También podemos observar que la fragmentación en 2 partes con el aserrín obtiene 2,38 kg/12 m² (A B), y en tercer lugar como mejor combinación tenemos la fragmentación en 3 partes con el sustrato paja de cebada.

Eficiencia biológica

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable eficiencia biológica (%) del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|---------|----|--------|------|---------|
| Fragmentación | 289,6 | 2 | 144,8 | 0,94 | 0,41 |
| Sustratos | 55,37 | 2 | 27,68 | 0,18 | 0,8374 |
| Fragmentación | | | | | NS |
| *Sustratos | 864,06 | 4 | 216,01 | 1,4 | 0,2744 |
| Error | 2780,62 | 18 | 154,48 | | |
| Total | 3989,65 | 26 | | | |

El análisis de varianza para la influencia de los tratamientos, para la eficiencia biológica del cultivo hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Se determina que no existe un efecto estadístico significativo con un valor ($p=0,41$) factor

A (fragmentación), un valor ($p=0,8374$) factor B (sustratos) y un valor ($p=0,2744$) para la interacción de ambos factores (fragmentación * sustratos).

Tasa de producción

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable tasa de producción (%) del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en los tratamientos.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|------|----|------|------|---------|
| Fragmentación | 0,03 | 2 | 0,02 | 0,91 | 0,419 |
| Sustratos | 0,01 | 2 | 0,03 | 0,16 | 0,853 |
| Fragmentación | | | | | NS |
| *Sustratos | 0,11 | 4 | 0,03 | 1,43 | 0,2655 |
| Error | 0,34 | 18 | 0,02 | | |
| Total | 0,49 | 26 | | | |

El análisis de varianza para la influencia de los tratamientos, en relación a la tasa de producción del cultivo hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), para el factor A (fragmentación) nos muestra que no existe un efecto estadístico significativo con un valor de $p=0,419$ y tanto para el factor B sustratos con un valor de $p=0,853$, como para la interacción de ambos factores (fragmentación * sustratos) obteniendo un valor de $p=0,2655$.

Tiempo del desarrollo productivo

Se contabilizaron desde el día de la inoculación, en la bolsa con sustrato tomándolo como día cero, hasta notar un color blanquecino y forma de algodón los cuales aparecieron a los 45 a 60 días del micelio colonizado en la bolsa de sustrato para el cultivo de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Tabla 7. Tiempo del desarrollo productivo

| Tratamientos | De la Siembra a la 1ra Cosecha | De la 1ra a la 2da Cosecha | De la 2da a la 3ra Cosecha | Total días |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|
| Sin fragmentación Aserrín | 57 | 35 | 20 | 112 |
| Sin fragmentación Bagazo de caña | 63 | 25 | 25 | 113 |
| Sin fragmentación Paja de cebada | 55 | 26 | 26 | 107 |
| Fragmentado en 2 Aserrín | 59 | 33 | 25 | 117 |
| Fragmentado en 2 Bagazo de caña | 84 | 30 | 27 | 141 |
| Fragmentado en 2 Paja de cebada | 64 | 24 | 27 | 115 |
| Fragmentado en 3 Aserrín | 53 | 44 | 28 | 125 |
| Fragmentado en 3 Bagazo de caña | 82 | 34 | 22 | 138 |
| Fragmentado en 3 Paja de cebada | 60 | 30 | 26 | 116 |

Para el ciclo del cultivo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) sin duda la mejor opción es el tratamiento (sin fragmentación con el sustrato paja de cebada) ya que al observar la tabla tenemos 107 días desde el tiempo de siembra a la tercera cosecha, esto quizás se deba a que este sustrato tendría una mayor distribución del micelio en la bolsa, acceso a nutrientes y mayor oxigenación.

También se observó que el tratamiento (fragmentación en dos partes con el sustrato bagazo de caña) tuvo el tiempo más largo con 141 días.

Análisis económico

El análisis económico se evaluó por tratamiento, de esta forma se pudo determinar la rentabilidad de cada

uno, costo de producción, costos variables, costos fijos y costos totales, frente a los ingresos generados por la venta del producto hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Para el sustrato aserrín nos indica que los tratamientos sin fragmentar, fragmentado en dos partes y fragmentado en tres partes es económicamente rentable, ya que por cada Bs. invertido tenemos una ganancia de 2,43 Bs., 1,97 Bs. y 1,23 Bs. respectivamente en cualquiera de sus interacciones obteniendo una ganancia mayor con el primer tratamiento sin fragmentar con el sustrato aserrín de 2,43 Bs.

CONCLUSIONES

La paja de cebada como sustrato es el más efectivo para la obtención de mayor número de cuerpos fructíferos (carpóforos) con 25, y mejores diámetros de sombrero con 9,56 cm, destacando la combinación del tratamiento fragmentado en tres partes con el sustrato paja de cebada como la óptima, en comparación con el bagazo de caña con 18 cuerpos fructíferos y mejor diámetro de 7 cm con el tratamiento, fragmentado en dos partes, y el aserrín el cual obtuvo 15 cuerpos fructíferos y mejor diámetro de 7,77 cm con el tratamiento sin fragmentación. Se observó que la paja de cebada produjo más cuerpos fructíferos y sombreros con mayor tamaño, podemos indicar que es porque existe mayor oxigenación y disponibilidad de nutrientes esto en cuanto a los efectos morfológicos teniendo en cuenta la importancia de la fragmentación para maximizar el potencial de este sustrato y por lo tanto dar un mejor aspecto para la comercialización.

Aunque la fragmentación en tres partes mejoró el diámetro de sombrero de los hongos, esta práctica en general no tuvo un impacto significativo en la cantidad de cuerpos fructíferos cosechados, sugiriendo más una propiedad morfológica que productiva.

En cuanto al rendimiento en peso fresco, tenemos el sustrato más eficiente para obtener un mayor rendimiento en kg de peso fresco de hongos ostra, particularmente con el tratamiento sin fragmentación con el sustrato aserrín, indicando su eficiencia para la producción en masa obteniendo 2,73 kg/12 m² superando a la paja de cebada que obtuvo 2,23 kg/12 m² con su mejor interacción y al bagazo de caña con 2,05 kg/12 m².

Tanto para la Eficiencia Biológica y la Tasa de Producción una vez realizado el análisis de varianza, obtuvimos un resultado estadísticamente no significativo a diferencia de las otras variables de respuesta, es decir que no hubo necesidad de realizar prueba Duncan por los valores obtenidos, ya que los datos varían por mínima diferencia los tratamientos se comportaron de manera semejante esto por las condiciones del invernadero.

Para el tiempo de fructificación tenemos una notable variación entre los sustratos, siendo el bagazo de caña el que prolonga más el ciclo de producción total

específicamente con el tratamiento fragmentación en dos y tres partes para este sustrato, obteniendo ciclos de 141 y 138 días respectivamente, lo que implica una demora en la cosecha. Por otro lado, el tratamiento sin fragmentación con paja de cebada mostró el ciclo de producción más corto con 107 días, lo que la convierte en la opción más eficiente en términos de tiempo desde la siembra hasta la tercera cosecha.

La desinfección y pasteurización de los sustratos es uno de los procesos más importantes para la producción de hongos, pues estos reducen significativamente los microorganismos que provocan enfermedades bacterianas y/o fúngicas, y al realizar una buena pasteurización en nuestro trabajo de investigación tenemos bajos niveles de microorganismos ajenos al micelio del hongo ostra y por lo tanto en la producción.

El tratamiento sin fragmentar con el sustrato aserrín, es el más rentable económicamente, generando el mayor beneficio neto y la mejor relación beneficio-costo. Este tratamiento produjo el beneficio neto anual más alto con 18,882 Bs. y la mejor relación beneficio-costo con 3.43 Bs., lo que significa que por cada boliviano invertido se obtienen 2.43 Bs. de ganancia. Esto lo posiciona como la opción más atractiva desde una perspectiva financiera.

Todos los sustratos evaluados (aserrín, bagazo de caña y paja de cebada) son económicamente rentables para el cultivo de hongos ostra en las condiciones del estudio. A pesar de las diferencias en rendimiento, tiempo de fructificación, eficiencia biológica y tasa de producción, todos los tratamientos mostraron una relación beneficio-costo superior a 1, indicando que por cada Bs. invertido se obtiene una ganancia. Esto sugiere que, si bien el aserrín destaca como la mejor opción a utilizar, los otros sustratos también pueden ser opciones viables dependiendo de la disponibilidad y alcance del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G.N. (1989). Fitopatología, México, D.F. Limusa pp 530

Aguinaga, B.P.N. (2012). Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de tambillo, provincia de pichincha, proyecto previo a la obtención del título de ingeniera agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial. Quito.

Alave, V. P. X. (2008). Evaluación del crecimiento milceliar de hongos comestibles (*Agaricus blazei*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus sp*) en tres cereales como sustrato. Tesis de grado presentada como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz Bolivia.

Ardón, C. (2004). "Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), Ecosur – 0112", Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf.

Ardon, C. (2007). La producción de los hongos comestibles. Universidad de San Carlos Guatemala. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf.

Baena, A. (2005). "Aprovechamiento del Bagazo del Maguey Verde (*Agave Salmiana*) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la Producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*)".

Butrón, C. (2017). Calibracion de la ecuacion FAO Penman-Monteith para calcular la evapotranspiracion de referencia (ET₀) en condiciones de invernadero en el Centro Experimental Cota Cota. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.

Carrillo, L. (2003). Microbiología Agr. – Vida y muerte de microorganismos. (Cap. 2), Actividad Microbiana (Cap. 3), Estructura de los Hongos (Cap. 4) y Hongos (Cap. 7), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Salta. Salta – Argentina.

Ceballos, D. (2007). "Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y hojarasca de roble (*Quercus peduncularis*) previo al cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* Ecs 110)", Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0964.pdf.

Cha, J. (2005). "Manual del cultivador de hongos 1. Cultivo del hongo ostra. Capítulo 8. Manejo de Plagas y Enfermedades", <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga.2.htm>.

Chang, Shu Ting y Miles. (2004). Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2^a ed. Florida (US): CRC Press, .451 p. ISBN 0-8493-1043-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1615/intjmedmushr.v6.i4.100>.

Chans, S. y Miles, P. (1994). Biología de las setas. España: Fundación ZERI.

Chilon, C. E. (1997). Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT. Primera reimpresión. La Paz – Bolivia. 26 – 73 pp. Chilón, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CDAC La Paz- Bolivia. pp.170 -185.

Choi, K. (2005). "Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo 7. Formas de cultivo", <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga.2.htm>.

Cisterna, C. (2001). Cultivo del Champiñón Ostra en Chile (1ra ed.). Mycotec. <http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/35.pdf>.

Curvetto, N. (2009). Grifola frondosa (Maitake): Su valor nutracéutico, farmacéutico y cosmeceutico. Tecnología de producción. Monografía. Bahía Blanca, Argentina. pp. 57.

Cussi, C. M. (2018). "Evaluación del caudal mínimo de riego para la producción optima de lechuga en un sistema NFT en la ciudad de El Alto, La Paz". Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 155p.

Custodio, C. (2005). Manual del cultivador de hongos 1. Capítulo 5 sustratos Disponible en <https://es.scribd.com/document/422130253/Manual-del-cultivador-de-hongos-1-Cultivo-del-hongo-ostra>.

CYMMYT, (1998). "Manual Metodológico de evaluación económica". Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México D.F. 79p.

Edgardo, A. (2008). Cultivo intensivo de los hongos comestibles champiñones, gírgolas, shiitake y otras especies. Hemisferio Sur.

Edgardo, Alberto. (2002). Manual práctico para el cultivo intensivo del hongo comestible Shiitake: (*Lentinus edodes*). Buenos Aires – Argentina.

Fernández, F. (2004). "Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus Spp.*)", <http://www.fungitec.Guía práctica de producción de setas.pdf>.

Fuentes, V. José, Velasco C. Miriam y Villalpando A. Ramiro. (2005). Producción experimental de hongos comestibles en la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales. Cambio Rural 1: Sucre – Bolivia.

Gaitán, R. Salmones, D. Pérez, R. y Mata, G. (2006). "Manual Práctico del Cultivo de Setas. Aislamiento, siembra y producción", http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/manual_setas.pdf.

García, N. A. (2014). Estrategias financieras empresariales. México: Editor Ebook.

Garzón, J. y Cuelvo, J. (2008). "Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia". Disponible en: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA10_ARTORIG2_pleur.pdf.

Guillamón, E. et al., (2010). Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. En: Fitoterapia, p. 715-723.

Guzmán, G. et al., (1993). El cultivo de los hongos comestibles. Instituto Politécnico Nacional Dirección de Bibliotecas y Publicaciones.

Instituto Geográfico Militar. (2022). Cartas geográficas de la ciudad de La Paz. La Paz – Bolivia.

Kong, W. (2005). "Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo 4. Inóculo (Semilla o Spawn)", <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga>.

Kwon, H. (2005). "Manual del Cultivador de Hongos 1. Capítulo 7. Formas de cultivo", <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/liga.2.htm>.

Lechner, B. Cinto, I. Caso, J. Aliaga, J. Aimone, D. (2018). Guía fácil para la producción de Gírgolas (*Pleurotus spp.*). Buenos Aires – Argentina.

López, E. (2002). Hongos comestibles, orellanas: deliciosas medicina. Disponible en: <http://www.visionchamaquina.com/alimentaciónsana/orrellanas.htm>

López, R. (1988). Auto Didáctica 2000. Ciencias Naturales, Editorial Cultura, S.A. De Ediciones, Madrid – España, pp. 253 – 256.

Maccpa, L. (2021). Producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno. Puno – Perú. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15621/Maccpa_Pocco_Leyden.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Merencio, D. (2003). "Aproximación experimental a la combustión del bagazo de caña en lecho fluidizado", <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolaro3/HTML/articulo03.htm>.

Michel, A., Otero, M. y Díaz, E. (2010). "Manual Producción de Hongos Comestibles *Pleurotus spp*" http://www.fundacionproducecegro.org.mx/convocatorias/Manual_Hongos.pdf.

Muñoz, E. (2017). Análisis comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de (*Pleurotus ostreatus*) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Disponible en: Repositorio digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2830>.

Ochoa, R. (2007). Diseños Experimentales, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Oei, P. (2003). Mushroom cultivation: Techniques. Species and Opportunities for Commercial Application in Developing Countries. Third edition. TOOL Publications, Amsterdam The Netherlands. Pp 274.

Pedreros, JC. (2007). Evaluación del crecimiento y producción del hongo *Lentinula edodes* (Shiitake) en residuos agroindustriales. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Ramos, J. P. (2021). Evaluación del comportamiento térmico de un invernadero automatizado en la producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*), en el Centro Experimental de Cota Cota. Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. La Paz Bolivia.

Regés, R. (1999). Curso Básico Sobre El Cultivo del Champiñón. C.D.E.E.A., 3 – 4 p. Disponible en línea: <http://www.cdeea.com/champinon1.htm>.

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. Jaramillo, C. (2005). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera" CENICAFÉ, Chinchiná, Colombia.

Romero, J. Rodríguez, M. Pérez, R. (2000). *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología del cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuatro caminos. Ciudad de Cienfuegos. Cuba.

Romero, J. W. (2022). Evaluación de la Producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), con diferentes sustratos en un ambiente controlado en el Centro Experimental Cota Cota. Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. La Paz Bolivia.

Romero, L. y Rosales, M. (2011). Las setas: algunas generalidades. Guadalajara, México. Disponible en: <http://www.todacultura.com/micología/setas.htm>

Royse, D. J. y Sánchez, J. E. (2017). Producción mundial de setas *Pleurotus spp.* con énfasis en países iberoamericanos. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus spp.* El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, 17-25. <https://doi.org/10.15174/au.2015.776>

Rynk, B. (1992) Condiciones físico - químicas de los sustratos. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2037E/A2037E.PDF>.

Salmones, D. Mestizo, L. y Gaitán-Hernández, R. (2004). Entrecruzamiento y evaluación de la producción de las variedades de *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn. Revista Mexicana de Micología, 18(1), 21-26.

Sampieri R. Fernández C. y Baptista m. (2014). Metodología de la investigación. Mexico, pp. 4.

Sánchez, J. E. y Royse, D. (2001). La Biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* (1a. Ed.). México: Edit. Noriega Editores.

Sánchez, J.E. D. Zied, E. Albertó, (2018). Edible mushroom production in the Americas. Abstracts of the 9th International conference on mushroom biology and mushroom products. Shanghai, China.

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. Escuintla.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2022). Boletín meteorológico.

Silva, B. (2005). "Manual del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*", Editorial Minerva, Ambato-Ecuador, pp.1-12, 45-48.

Song, B. (2005). "Manual del cultivador de hongos 1. Capítulo 1. Introducción a los hongos", http://www.girgolas.unlugar.com/chapter01-01_p.1.pdf.

Taurachand, D. (2005). "Manual del cultivador de hongos 1. Capítulo 5. Sustrato-Bagazo de caña de azúcar", http://www.girgolas.unlugar.com/chapter01-01_p.1.pdf.

Torres, M.G. (2003). Potencial de la microbiota nativa comestible y medicinal en el municipio de Quibdó. Trabajo de grado. Biólogo con énfasis en recursos naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó, Chocó.

Vaca, L. L. (2009). Efecto de la composición de diferentes medios de cultivo y sustratos en la reproducción de micelios y semilla de hongos comestibles (*Agaricus sp.* y *Agaricus bisporus*). Tesis de Grado Presentado como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniería Agronómica. La Paz – Bolivia.

Velasco, J. y Vargas, E. (2004). Manual Cultivo del Hongo Seta (*Pleurotus ostreatus*). Programa Fondo de Tierras e instalación del Joven Emprendedor, Secretaría de la Reforma Agraria. Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.

Wainwright, M. (1995). "Introducción a la biotecnología de los hongos", editorial Acribia S.A., Zaragoza-España, pp. 161, 162.