

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación
**Evaluación técnica y determinación de costos de un fructificador a
pequeña escala de *Pleurotus ostreatus* como potencial emprendimiento en
Quito, Ecuador**

Estudiantes

Edison Sebastián Medina Guachamín

Renato Xavier Fernández Montalvo

Asesores

Jacob Rodelvi Vásquez López Mtr.

José Fernando Tercero Iglesias M.Sc.

Marco Antonio Granadino Espinal M.Sc.

Honduras, agosto 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora Departamento de Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	16
Ubicación del Estudio.....	16
Diseño y Construcción del Fructificador	16
Proceso de Producción de Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
Selección del Sustrato para la Producción de Carpóforos	19
Preparación de Sustratos para la Producción de Carpóforos	19
Inoculación de los Sustratos con Micelio.....	21
Colonización del Micelio en los Sustratos.....	21
Fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	22
Cosecha y Pesado de Carpóforos.....	22
Evaluación de la Eficiencia Biológica.....	22
Tasa de Producción	23
Estimación de los Costos Asociados a un Kit Fructificador	23
Precio de Venta de un Kit Fructificador de Hongos	24

Rentabilidad del Producto	24
Punto de Equilibrio	25
Resultados y Discusión.....	26
Prototipo Final: Fructificador	26
.....	26
Cuantificación de la Producción de Carpóforos y Eficiencia Biológica	26
Período Productivo y Tasa de Producción	29
Estimación de Costos, Precio de venta, Rentabilidad y Punto de Equilibrio	30
Análisis de Sensibilidad	32
Conclusiones	33
Recomendaciones.....	34
Referencias.....	35
Anexos.....	39

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Sustratos utilizados en el experimento para la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
Cuadro 2 Valores de la eficiencia biológica del hongo <i>P. ostreatus</i> con diferentes tratamientos	28
Cuadro 3 Resultados de cálculo de tasa de productividad para cada sustrato	29
Cuadro 4 Punto de equilibrio y precio de venta del kit fructificador	31
Cuadro 5 Objetivos de venta y ganancias netas estimadas	31
Cuadro 6 Matriz de sensibilidad de la variación del costo unitario en función del precio de venta en dólares.....	32

Índice de Figuras

Figura 1 Ciclo de diseño para la elaboración de un fructificador de Hongo P. ostreatus.....	17
Figura 2 Estructura base (rectángulo) del fructificador	18
Figura 3 Diseño final del fructificador	18
Figura 4 Ciclo de producción para el cultivo de P. ostreatus	19
Figura 5 Diseño final del fructificador para cultivo de Pleurotus ostreatus	26
Figura 6 Producción en gramos de primera y segunda cosecha de cada tratamiento.....	27

Índice de Anexos

Anexo A Componentes nutricionales de <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
Anexo B Materiales utilizados para la construcción de un fructificador de hongos <i>Pleurotus ostreatus</i>	40
Anexo C Termo higrómetro utilizado para monitorear temperatura y humedad.....	41
Anexo D Distribucion de semillas en el sustrato.....	42
Anexo E Desarrollo de micelio en el sustrato	43
Anexo F Perspectiva frontal del fructificador	44
Anexo G Primordios en desarrollo	45
Anexo H Registro de peso fresco de hongos	46
Anexo I <i>Resultados de producción de hongos para la cosecha 1 y 2 (peso en gr)</i>	47
Anexo J Costos fijos del emprendimiento.....	48
Anexo K Costos Totales y variables unitarios del producto	49

Resumen

La producción de hongos comestibles ha tenido un continuo crecimiento a nivel mundial, debido al fácil manejo del cultivo y a sus propiedades nutritivas. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el desempeño técnico y los costos asociados para la comercialización de un fructificador a pequeña escala de *Pleurotus ostreatus* en el Valle de Tumbaco, Ecuador. El estudio inició con el diseño y la construcción de un fructificador. Luego se estableció el cultivo en tres residuos orgánicos (aserrín de pigüe, aserrín de eucalipto y cascarilla de arroz), los cuales fueron evaluados en términos de eficiencia biológica y tasa de productividad en dos cosechas. Además, se calcularon los costos asociados para determinar el precio de venta, la rentabilidad unitaria y el punto de equilibrio del producto (fructificador con accesorios e insumos de producción). El sustrato que presentó un mejor desempeño en eficiencia biológica fue el aserrín de pigüe, con una media de 71.34%; y la menor eficiencia se obtuvo con la cascarilla de arroz, con una media de 10.75% ($P < 0.05$). Los costos totales fueron de USD 61.81 para la construcción del fructificador. La rentabilidad estimada fue de 28.9%. Finalmente, el punto de equilibrio fue de 230 unidades anuales. El estudio permitió conocer que existe un potencial para comercializar el fructificador de *P. ostreatus* a pequeña escala en zonas urbanas.

Palabras clave: Hongos comestibles, residuos orgánicos, sustrato.

Abstract

The production of edible mushrooms has had a continuous growth worldwide, due to the easy handling of the crop and its nutritional properties. The objective of this research is evaluate technical performance and associated costs for the commercialization of a small-scale fructifier of *Pleurotus ostreatus* in the Tumbaco Valley, Ecuador. The study began with the design and construction of a fructifier. Then the cultivation was established on three organic residues (pigüe sawdust, eucalyptus sawdust and rice husk), which were evaluated in terms of biological efficiency and productivity rate in two crops. In addition, to determine the sale price, the unit profitability and the equilibrium point of the product (fructifier with accessories and production inputs), the associated costs was calculated. The substrate that presented the best performance in biological efficiency was pigüe sawdust, with an average of 71.34%; on the other hand, the rice husk was the lowest efficiency substrate, with an average of 10.75%. Total costs were USD 61.81 for the construction of the fructifier. The estimated profitability was 28.9%. Finally, the break-even point was 230 units per year. The study revealed that there is potential to commercialize the *P. ostreatus* fructifier on a small scale in urban areas.

Keywords: Edible mushrooms, Organic waste, substrate.

Introducción

La producción de hongos a nivel mundial se ha popularizado en gran medida desde mediados del siglo XX, debido principalmente a su capacidad de crecer en una gran variedad de sustratos y por su importancia en el ámbito medicinal, nutricional y su potencial en biotecnológico (Sanchez y Royse, 2017). Actualmente, la industria mundial de macromicetos, compuesta por hongos silvestres, medicinales y comestibles, está valorada en USD 63,000,000 (Sanchez y Royse, 2017). Los hongos comestibles cultivados aportan el 54% del total producido, siendo alrededor de USD 34,000,000 millones USD. Su producción mundial ha aumentado más de 30 veces desde 1978, con una tasa de incremento del 11% (Cano y Romero, 2016).

Los hongos son organismos heterótrofos (no producen su propio alimento) que pertenecen al reino Fungi. A diferencia de las bacterias que se encuentran formadas por células procariotas, los hongos están constituidos por células eucariotas. (Torres Viera et al., 2019). Su desarrollo vegetativo se enmarca en la formación de un micelio, compuesto por hifas, que son estructuras alargadas multicelulares (Grisales, 2017). El micelio, que es la parte vegetativa de un hongo, es la encargada de realizar los procesos de absorción de nutrientes por medio de la secreción de enzimas extracelulares. Como menciona Ardón López (2004), enzimas como lacasa y peroxidasa permiten simplificar el material orgánico en moléculas más fáciles de digerir y luego atraviesan la pared celular de las hifas. El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta, a la que se llama hongo, es su aparato reproductor (Donado Parada, 2014).

La producción de hongos comestibles aporta principalmente al cumplimiento 2 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible, el 2 Hambre cero y el 12 Producción y consumo responsable. Su contribución al objetivo 2 se debe a su alto valor nutricional en carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales, grasas, fibras y varios aminoácidos. Un ejemplo de ello es el contenido proteico de los hongos *P. ostreatus*, el cual, según Martínez Ramón (2020), oscila en un rango del 30 al 50% de peso en estado seco (Anexo A). El aporte al objetivo 12 se da por el potencial de contribuir a principios de

economía circular, debido a que puede utilizar como sustrato residuos agrícolas, como: madera, cáscaras y paja de cereales (France et al., 2000). Un ejemplo es el caso de México, donde la importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y el reciclaje de más de 386,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales obtenidos del hongo (Cano y Romero, 2016).

Uno de los hongos comestibles de mayor importancia a nivel mundial es el *P. ostreatus*, siendo China el mayor productor en el mundo y en Latinoamérica los principales países productores son: Brasil, México, Colombia, Argentina y Guatemala (Sanchez y Royse, 2017). Su textura firme, su carne color blanco, el olor intenso y su palatabilidad, considerada como muy buena (Ubillos 2020). Son factores clave para el incremento de la demanda en los últimos años. Además, debido a su contenido nutricional, se ha llegado a conocer como la carne vegetal, por su alto valor proteico, y se destaca también por su elevado contenido de vitaminas: tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6), cobalamina (B12), ácido ascórbico (C), ácido nicotínico, ácido fólico y tocoferol (Magdaleno, 2013).

La reproducción de los hongos es una fase importante para la formación de nuevos individuos con características típicas de cada especie, esta puede ser sexual o asexual. La reproducción sexual se da por la unión de dos hifas monocariotas, que a través del proceso de plasmogamia, forman un micelio dicariótico (presencia de dos núcleos parentales independientes), que mediante la cariogamia, se unen los dos núcleos independientes, entrando posteriormente al proceso de meiosis para generar las basidiosporas que se encuentran en el himenio de una seta (Cumatzi et al., 2017). El transporte de estas basidiosporas puede llevarse a cabo por el aire, animales e incluso semillas de otras plantas que al asentarse en lugares que posean condiciones favorables, será posible la reproducción del micelio que dará lugar al desarrollo del cuerpo de un hongo maduro, el cual permite la creación de nuevos basidios en su himenio, completando el ciclo reproductivo del hongo (Ibarra Islas, 2019). A la reproducción asexual también se le conoce como somática o vegetativa, ya que no involucra la fusión

de núcleos, sino que puede darse por la fragmentación del micelio que bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y sustrato da origen a un nuevo individuo (Sanchez y Royse, 2017).

Pleurotus ostreatus es considerado un hongo saprófito, ya que puede crecer en materia orgánica en descomposición o muerta (Motta y Murcia, 2011). Para su crecimiento, requiere de fuentes nutritivas que contengan carbono (celulosa, hemicelulosa y lignina), nitrógeno y compuestos inorgánicos. Ardón (2007), destaca que se han estudiado más de 200 sustratos posibles para este hongo, los cuales están constituidos esencialmente por celulosa (45 – 60%), hemicelulosa (15 – 20%) y lignina (10 – 30%). Este hongo tiene la capacidad de degradar celulosa y lignina de residuos agrícolas (como pajas y rastrojos), desechos agroindustriales (como bagazo de caña de azúcar y pulpa de café) y forestales (como aserrín y viruta de diversas maderas). Entre los sustratos más utilizados para el cultivo de este hongo se encuentran: pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz, sorgo, en menor cantidad la pulpa de café y algunos bagazos como los de caña de azúcar y de maguey tequilero (Gaitán et al., 2004).

La temperatura juega un papel fundamental en el crecimiento del hongo ya que interviene directamente en la tasa metabólica, influyendo específicamente en la actividad enzimática, la cual permite la síntesis de vitaminas, aminoácidos y otros metabolitos (Cepero et al., 2012). La actividad metabólica tiene un impacto en la fluidez de los lípidos en la membrana celular. La temperatura también influye en la etapa fisiológica en la que se encuentre el hongo. En general, la temperatura para fructificar suele ser ligeramente inferior a las temperaturas óptimas, de 12 a 22 °C, aunque puede soportar temperaturas mayores a los 30 °C (Martinez Ramón, 2020).

La humedad es un factor importante para el desarrollo del hongo, ya que la presencia de agua permite que las enzimas degraden los polímeros de los cuales se alimenta el hongo, que son transportadas por un medio acuoso. La presencia de agua también permite la entrada de nutrientes hacia el micelio. Además, es necesaria para la obtención de oxígeno e hidrógeno (Cepero et al., 2012).

Para un desarrollo óptimo del cultivo, se requiere una humedad relativa entre un 70 y 90% (Sanchez y Royse, 2017).

La luz desempeña un papel primordial en las diferentes etapas fisiológicas del hongo. Cepero et al. (2012) destacan que la luz tiene incidencia en el metabolismo y nutrición del hongo, influyendo directamente en la producción de ácidos grasos, ácidos nucleicos y metabolitos para carbohidratos y metabolitos secundarios. Por otro lado, Martínez Ramón (2020) menciona que la luz tiene incidencia en el desarrollo de los cuerpos fructíferos del hongo debido a que hongos como el *P. ostreatus* presentan fototropismo positivo, lo que significa que crecen en dirección a la luz. Es necesario considerar la etapa de maduración para proporcionar luz. La luz estimula el nacimiento de primordios (etapa inicial de un carpóforo). Lo recomendable son 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

El cultivo de *P. ostreatus* es considerado de fácil manejo, ya que presenta las siguientes ventajas: la posibilidad de cultivarse en climas tropicales, la simplicidad en la tecnología de producción y la posibilidad de utilizar una amplia gama de sustratos, tal como se ha indicado previamente (Bermúdez et al., 2003). Por estas razones, su cultivo de forma artesanal ha tenido un incremento en algunos países de Latinoamérica. Un ejemplo de ello es el caso de Cuzco, Perú, donde se ha impulsado su producción a partir de 1990 (Cruz et al. 2010). Se han formado empresas a pequeña y mediana escala en comunidades campesinas (Holgado Rojas et al., 2019). Por otra parte, Noj (2017) diseñó un sistema de producción artesanal para impulsar el desarrollo comunitario en Chimaltenango Guatemala y también se ha tenido experiencias en distintos municipios de Huehuetenango (Cruz et al., 2010).

A pesar de que la producción de *P. ostreatus* se caracteriza por su fácil manejo, es propenso a la contaminación por otros hongos y enfermedades. En el caso de los hongos, que atacan con frecuencia en la etapa de incubación, se encuentran: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Gliocladium* (Santillan y Morocho, 2018). Las razones más comunes de contaminación son: mala

pasteurización, falta de higiene por parte del operador al momento de la siembra y falta de limpieza o higiene en el área de producción.

El cultivo de hongo ostra tiene el potencial de convertirse en un emprendimiento sostenible. Vázquez Moreno (2015), define este concepto como la creación de valor desde la combinación del concepto clásico de un emprendimiento a las prácticas sociales y ambientales. Por otra parte, Cohen y Winn (2007), lo definen como el campo de estudio que comprende cómo las oportunidades que buscan desarrollar futuros bienes o servicios son descubiertas, creadas y exploradas, con consecuencias económicas, sociales y ambientales.

El presente estudio tiene la intención de diseñar y validar un fructificador de hongos comestibles y sustrato colonizado que pueda ser comercializado. Para convertirse en un producto que pueda ser ofrecido en el mercado, se evaluaron tres aspectos económicos: el primero es el punto de equilibrio el cual permite identificar el punto en donde no se gana ni se pierde en términos económicos; el segundo aspecto calculado fue el precio de venta, el cual tiene influencia directa en el incremento o disminución de los ingresos y por último la rentabilidad del producto, la cual determina la viabilidad de este.

A partir de todos los beneficios potenciales en la producción de hongo *P. ostreatus*, se propuso implementar un sistema de cultivo a pequeña escala. La propuesta se basa en la venta de kits de bajo costo que puedan ser ubicados dentro de los hogares, para facilitar su manejo. El objetivo general del estudio es evaluar el desempeño técnico y los costos asociados para la comercialización de un fructificador a pequeña escala de *Pleurotus ostreatus* en Quito, Ecuador. Para su logro, se establecieron los siguientes objetivos específicos: Cuantificar la eficiencia biológica de tres sustratos utilizados en la producción de *P. ostreatus*, comparar la tasa de producción de carpóforos del *P. ostreatus* en los tres sustratos evaluados, determinar el precio de venta de un fructificador de *P. ostreatus* a partir del sustrato con mayor eficiencia biológica, estimar el punto de equilibrio y la

rentabilidad de la comercialización de fructificadores a pequeña escala de *P. ostreatus*, utilizando el sustrato con mayor eficiencia biológica.

Materiales y Métodos

Ubicación del Estudio

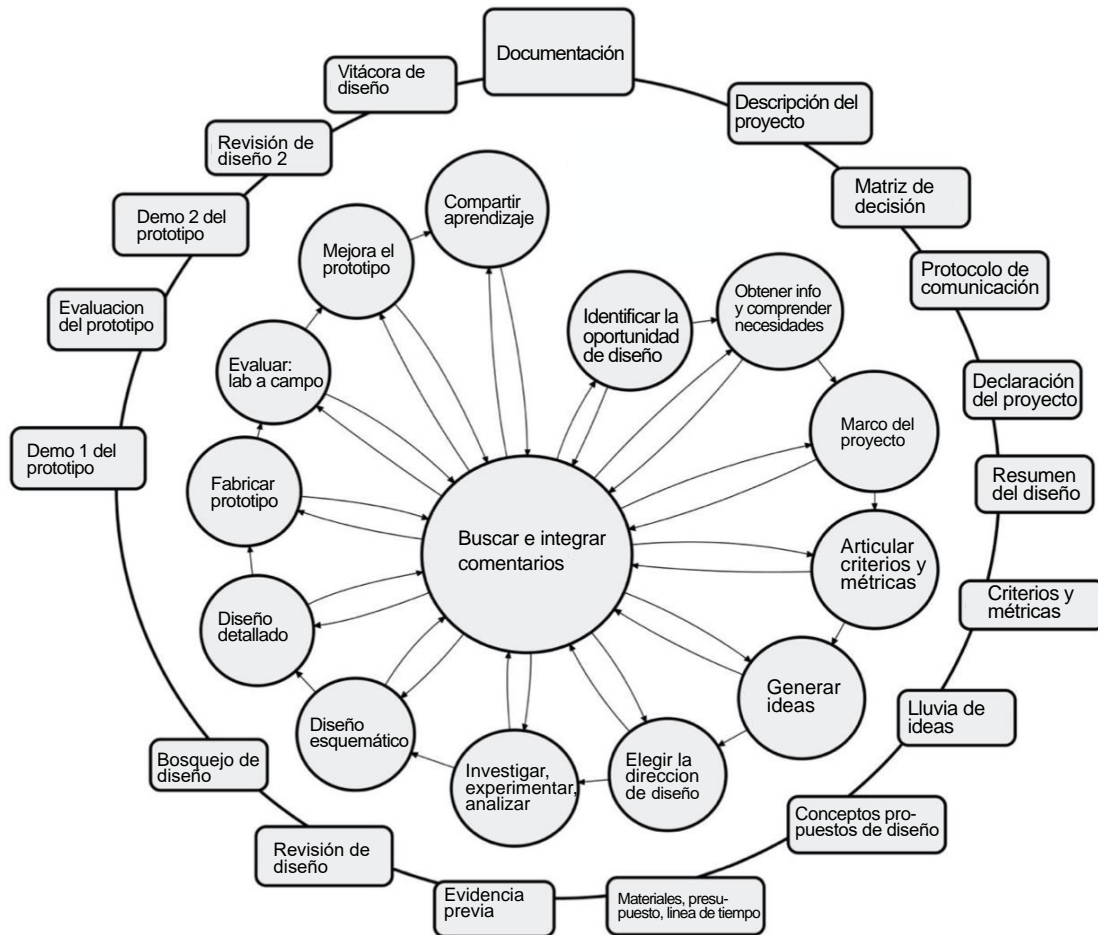
El estudio se realizó en el Valle de Tumbaco, ubicado en la ciudad de Quito, Ecuador a 2,320 msnm. La temperatura media anual es de 17 °C y la precipitación anual de 2,877 mm (Ortiz y Chile, 2020). El experimento se llevó a cabo dentro de una vivienda de la zona residencial del valle de Tumbaco, debido a que el prototipo fue diseñado para ser operado bajo estas condiciones en zonas urbanas y rurales. Dentro de las principales actividades desarrolladas en la zona de estudio se tuvieron: construcción del fructificador, preparación de los sustratos, proceso de colonización, fructificación y cosecha de los hongos *Pleurotus ostreatus* (Ortiz y Chile, 2020). El experimento se llevó a cabo en una vivienda de la zona residencial del valle de Tumbaco, donde se realizaron las siguientes actividades: construcción del fructificador, preparación de los sustratos, toma de datos, proceso de colonización, fructificación y cosecha de los hongos *P. ostreatus*.

Diseño y Construcción del Fructificador

Para la construcción del fructificador de hongos se utilizó la metodología de diseño desarrollada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (Figura 1). Se priorizaron las siguientes etapas del ciclo: identificar la oportunidad de diseño, el marco del proyecto, articular criterios y métricas; resumen del diseño; generar ideas, investigar, experimentar y analizar; diseño esquemático, diseño detallado, fabricar prototipo, y por último evaluar y compartir aprendizaje.

Figura 1

*Ciclo de diseño para la elaboración de un fructificador de Hongo *P. ostreatus**



En la etapa de diseño esquemático, se elaboró un diseño digital del prototipo seleccionado, utilizando la versión gratuita del programa "SketchUp" versión 16.1.1450 (Win 32-bit). Se definieron los materiales utilizados para su construcción (Anexo B). El fructificador fue diseñado en forma de prisma rectangular. Para ello se partió de la formación de dos rectángulos iguales de 80 cm de alto y 44 cm de ancho con un tablón en el centro que funcionó como soporte de las repisas (Figura 2). Posteriormente, se unieron con tablonés las cuatro esquinas de los rectángulos para formar el armazón del fructificador.

Por último, la estructura se cubrió por completo de plástico de polietileno dejando libre la parte delantera, para colocar la puerta del fructificador. El objetivo fue formar un cajón con dos repisas recubierto de plástico de polietileno negro para evitar la entrada de luz (Figura 3).

Figura 2

Estructura base (rectángulo) del fructificador

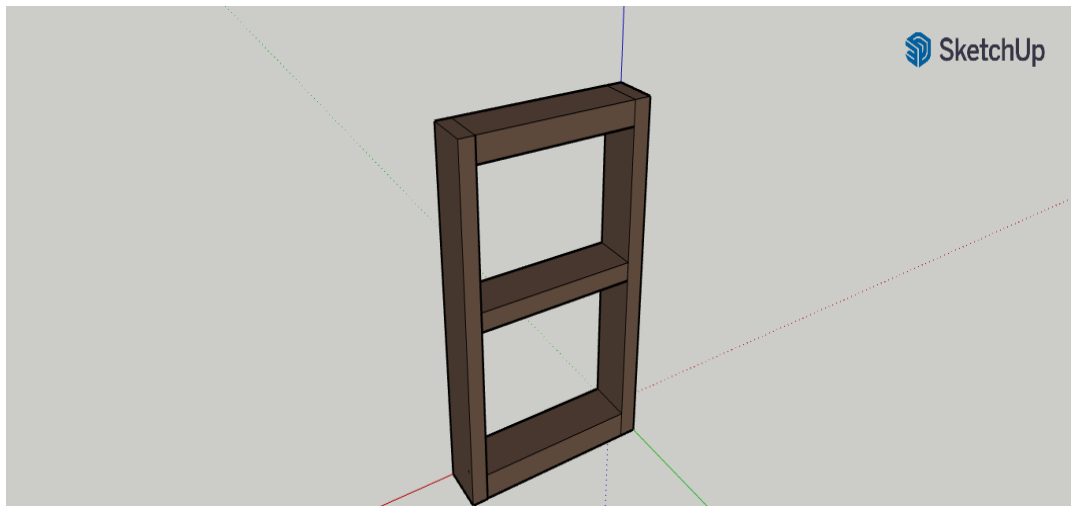
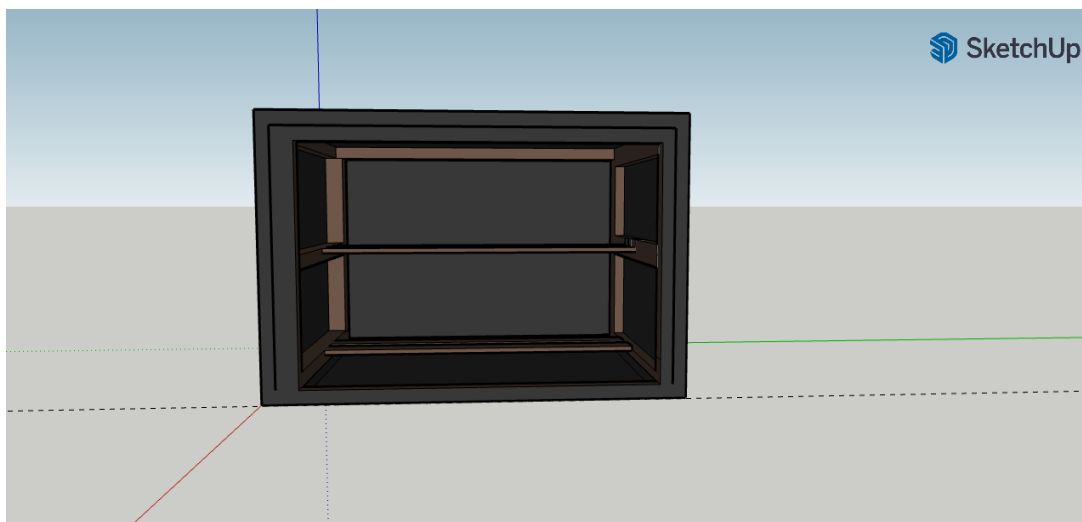


Figura 3

Diseño final del fructificador



Proceso de Producción de Hongo *Pleurotus ostreatus*

Para la realización del experimento, se siguió el proceso del ciclo de producción del cultivo, iniciando desde la selección del sustrato hasta la etapa de cosecha y pesado (Figura 4). El inóculo (semilla) fue adquirido de la empresa “Fungus Garden”.

Figura 4

Ciclo de producción para el cultivo de P. ostreatus



Selección del Sustrato para la Producción de Carpóforos

Se utilizó el aserrín de pigüe (*Piptocoma discolor*) como sustrato testigo para comparar la producción obtenida con los sustratos alternativos, que fueron: aserrín de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*). Las características consideradas fueron la disponibilidad, el contenido de lignina y el precio. El sustrato testigo se adquirió en la empresa “FUNGUS GARDEN”, la cual se dedica a la producción de hongos comestibles; el aserrín de eucalipto de una carpintería en la parroquia de Tumbaco y la cascarilla de arroz de un puesto de comercialización del grano en la misma zona de Tumbaco.

Preparación de Sustratos para la Producción de Carpóforos

La preparación del sustrato se basó en la formulación utilizada en la granja de hongos comestibles “FUNGUS GARDEN”, en la que se aplicó carbonato de calcio (CaCO_3) para regular el pH (6.5 a 7.0, cabe recalcar que debido a la metodología artesanal utilizada no se llevó un control estricto

de esta variable), inhibir el crecimiento de organismos durante la colonización. También, se añadió salvado de trigo para proporcionar las necesidades de nitrógeno del cultivo. Posteriormente, se siguió la metodología aplicada por Noj (2017), quien estableció un sistema de producción de hongos comestibles de *P. ostreatus* de manera artesanal, donde no se tuvo un control estricto de las variables de temperatura, humedad y concentraciones de Dióxido de carbono (CO₂).

Para la preparación de cada sustrato, se mezcló en un recipiente de plástico 5 kg (peso seco) del residuo, 69.4 g de carbonato de calcio y 1 kg de salvado de trigo. Posteriormente, se aplicó agua hasta el punto de saturación para llevar a cabo el proceso de hidratación, el cual fue medido a través de la prueba de humedad por tacto. Se colocó una malla sobre el recipiente y este se volteó para eliminar el exceso de agua. Luego de ser escurrido, cada sustrato fue colocado en bolsas plásticas transparentes de 25 cm de alto x 20 cm de ancho, con un peso de 1 kg (húmedo) cada una. El experimento contó con tres tratamientos: sustrato testigo de aserrín de pigüe (TT), cascarilla de arroz (CA), aserrín de eucalipto (AE), con cinco repeticiones cada uno. Cada tratamiento constó de 5 repeticiones, siendo en total 15 unidades experimentales, (Cuadro 1).

Cuadro 1

Sustratos utilizados en el experimento para la producción de Pleurotus ostreatus

Tratamiento	Insumos o sustratos
Testigo	Salvado de trigo, Cal, Aserrín de Pigue
Tratamiento 1	Salvado de trigo, Cal, Cascarilla de Arroz
Tratamiento 2	Salvado de trigo, Cal, Aserrín de Eucalipto

Una vez agregados los sustratos en las bolsas plásticas transparentes, fueron tratadas bajo un proceso de esterilización artesanal, este sustrato ocupó el 75% del espacio de la bolsa. La esterilización consistió en colocar las bolsas en una base de metal dentro de una olla con tapa y estuvieron durante tres horas a una temperatura mayor a 95 °C, monitoreado por un termohigrómetro (Anexo C).

Posteriormente, se dejaron reposar las bolsas en un área desinfectada durante 24 horas, para llevar a cabo el proceso de enfriamiento.

Inoculación de los Sustratos con Micelio

Previo a la inoculación de los sustratos, se procedió a señalar cada bolsa con su respectivo tratamiento para una clara identificación. El lugar seleccionado para el proceso de siembra fue desinfectado con alcohol al 75%, para evitar la contaminación de los sustratos con otras esporas del ambiente (se utilizaron guantes y mascarilla quirúrgicas). Una vez desinfectado el espacio de trabajo, las bolsas fueron abiertas e inoculadas con 100 g de semilla de arroz colonizada con *P. ostreatus*, siguiendo la metodología de la empresa "Fungus Garden". Posteriormente, se buscó homogenizar la mezcla en la bolsa, desde el exterior, para obtener una mejor distribución de la semilla dentro del sustrato y de esta forma facilitar su crecimiento (Anexo D).

Una vez aplicado el inóculo de *P. ostreatus* en los sustratos, se procedió a realizar un amarre de las bolsas con cabuya, dejando un espacio con oxígeno para favorecer el desarrollo del micelio. Además, se abrieron agujeros aleatorios con una aguja desinfectada para promover el intercambio gaseoso dentro de la bolsa. Finalmente, las bolsas fueron colocadas en el fructificador en condiciones de 100% de oscuridad, ubicadas a un distanciamiento de 20 cm entre bolsa.

Colonización del Micelio en los Sustratos

La colonización se llevó a cabo en el fructificador en condiciones sin luz, a una temperatura de 18 - 19 °C. El control de luz (ausencia para el crecimiento del micelio) fue a través de la instalación de polietileno de alta densidad de color negro al contorno de todo el fructificador. La temperatura fue monitoreada a través de un termohigrómetro que fue instalado en la parte central del fructificador. Las repeticiones permanecieron en completa oscuridad hasta que el micelio colonizó más del 75% del sustrato, el cual fue evaluado por observación directa (Anexo E). Se registraron las fechas de siembra para determinar el tiempo que se tardó el micelio en cada sustrato para fructificar.

Fructificación de *Pleurotus ostreatus*

Para inducir el proceso de fructificación del micelio en los sustratos, las bolsas colonizadas en un porcentaje mayor a un 75% fueron expuestas a condiciones de luz durante las 12 horas del día. La entrada de luz se dio por el levantamiento del plástico en la parte frontal del fructificador (Anexo F). Para favorecer el crecimiento de las setas, se hicieron dos cortes circulares a cada lado de la bolsa, con un diámetro aproximado de 3 cm. Además, fueron hidratadas dos veces al día con 50 mL de agua del sistema público, utilizando un atomizador.

Cosecha y Pesado de Carpóforos

Las características consideradas para la cosecha de carpóforos fue un píleo totalmente abierto. La cosecha se realizó con tijeras desinfectadas con alcohol al 75%, teniendo cuidado de no dañar los primordios o setas en desarrollo (Anexo G). Una vez cortados, fueron pesados en una balanza digital para determinar el peso fresco (Anexo H). Se llevó un registro de los días que tardó cada sustrato en llegar a la primera cosecha. Los datos recolectados de peso fresco de carpóforos corresponden a las dos primeras cosechas.

Evaluación de la Eficiencia Biológica

La eficiencia biológica se entiende como la relación que existe entre el peso fresco del hongo y el peso seco del sustrato. Para su cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$EB = \frac{\text{Peso fresco del hongo (g)}}{\text{Peso seco del sustrato (g)}} \quad [1]$$

Se tomaron los datos obtenidos del peso total de la producción para cada repetición y sustrato evaluado. El análisis de esta variable fue a través de la aplicación de un Análisis de Covarianza (ANCOVA), utilizando como covariable los días de cosecha, los datos se procesaron con el programa estadístico "InfoStat" versión 2018. El resultado obtenido ayudó a determinar si existió diferencia estadística entre los tratamientos analizados. Posterior al análisis de varianza, se aplicó una prueba de

LSD de Fisher para separar las medias. Los resultados se reportaron como significativos al tener una probabilidad menor del 0.05 (5%).

Tasa de Producción

Previo al cálculo de la tasa de producción, se determinó el período productivo de cada repetición. Este consistió en determinar los días que transcurrieron a partir de la inoculación hasta obtener la segunda cosecha de producción, la cual se tomó como finalización del ciclo.

La tasa de producción es la relación entre la eficiencia biológica y el número de días que tardó cada repetición para llegar a la segunda cosecha (período productivo). Los valores obtenidos mediante esta relación, permitió determinar el sustrato más productivo y de más rápido crecimiento. El cálculo se hizo mediante la siguiente ecuación:

$$TP = \frac{\text{Eficiencia Biológica}}{\text{Número de días del proceso}} \quad [2]$$

El análisis de esta variable fue a través de la aplicación de un Análisis de Covarianza (ANCOVA), utilizando como covariable el tiempo que tarda cada tratamiento en completar su ciclo productivo. Se utilizó el programa estadístico "InfoStat" versión 2018. El resultado obtenido ayudó a determinar si existió diferencia estadística entre los tratamientos analizados. Posterior al análisis de varianza, se aplicó una prueba de LSD de "Fisher" para separar las medias. Los resultados se reportaron como significativos al tener una probabilidad menor de 0.05 (5%).

Estimación de los Costos Asociados a un Kit Fructificador

Los costos de un producto o servicio son un componente importante en la determinación de los ingresos en una organización o emprendimiento. La contabilidad de los costos es un sistema de información que clasifica, acumula y controla los costos, facilitando la toma de decisiones, la planeación y control administrativo (Chacón y Galia, 2007).

El fructificador de hongos, además de ser evaluado técnicamente para la producción de carpóforos, fue evaluado mediante un análisis de costos para determinar el precio de venta. Para ello,

se siguió la metodología de clasificación de costos según su comportamiento. Se determinaron los costos fijos y variables asociados a la construcción del fructificador, así como los insumos (bolsa, el sustrato, el inóculo, carbonato de calcio y salvado de trigo) y accesorios (higrómetro y atomizador) con el sustrato de mayor eficiencia biológica que se comercializaría, ofreciéndose como un kit de producción (fructificador con insumos y accesorios de producción). Los costos se clasificaron como costos fijos aquellos que no se ven influenciados por la cantidad de producción y que siempre deben ser cubiertos. Mientras que los costos variables fueron clasificados por variar en función de la producción.

Precio de Venta de un Kit Fructificador de Hongos

El precio de venta fue establecido a través de la metodología de Costo “Plus”, para lo cual consideró los costos totales unitarios de un “kit” más un margen de utilidad esperado. La metodología de Costo “Plus” es recomendada para productos minoristas, donde se busca ofrecer un precio adecuado que genere ganancias pero que al mismo tiempo sea accesible para un cliente (Cuevas Villegas, 2002). Los costos totales se refieren a la sumatoria de costos fijos y variables que están relacionados para generar una unidad de producto. Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$PV = \text{Costos Totales Unitarios} + \text{Margen de utilidad} \quad [3]$$

Rentabilidad del Producto

Este es un indicador que relaciona los beneficios que tiene un producto o servicio determinado y la inversión que se ha realizado. La rentabilidad unitaria fue calculada, ya que se recomienda estimarse para productos que son vendidos en bajas cantidades o productos que estén ingresando al mercado. Para ello se aplicó la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\text{Precio de venta} - \text{Costos totales del producto}}{\text{Precio de venta}} \quad [4]$$

Punto de Equilibrio

Para el cálculo del punto de equilibrio del presente proyecto se utilizó la siguiente ecuación:

$$PE = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Precio de venta} - \text{Costos variables del producto}} \quad [5]$$

Este indicador fue estimado para determinar la cantidad mínima de unidades que se tendrían que registrar en ventas para no tener pérdidas ni ganancias económicas. El cálculo relacionó los costos fijos, el precio de venta y los costos variables del producto.

Resultados y Discusión

Prototipo Final: Fructificador

Se obtuvo como resultado la construcción de un fructificador, con una capacidad máxima de 15 bolsas inoculadas de *P. ostreatus*. El prototipo es para producción a pequeña escala, y puede darse dentro de una vivienda, siendo este un modelo artesanal. Debido que es una tecnología de bajo costo y se acomoda a las condiciones de espacio limitado que puede tener una vivienda en zonas urbanas, se brinda la oportunidad de producir alimentos a las personas desde sus hogares con un ambiente controlado, limpio y adecuado para este fin. Esto es en congruencia a lo que establece Martínez (2020), quien comprobó que es posible la producción de *P. ostreatus* en zonas residenciales, utilizando una habitación como un espacio de producción. Además, el fructificador a pequeña escala aporta a la tendencia actual de consumir alimentos saludables que brinden beneficios para la salud, tal como lo mencionan Murillo y Rodríguez (2018). La figura 5 no está citada previamente

Figura 5

Diseño final del fructificador para cultivo de Pleurotus ostreatus



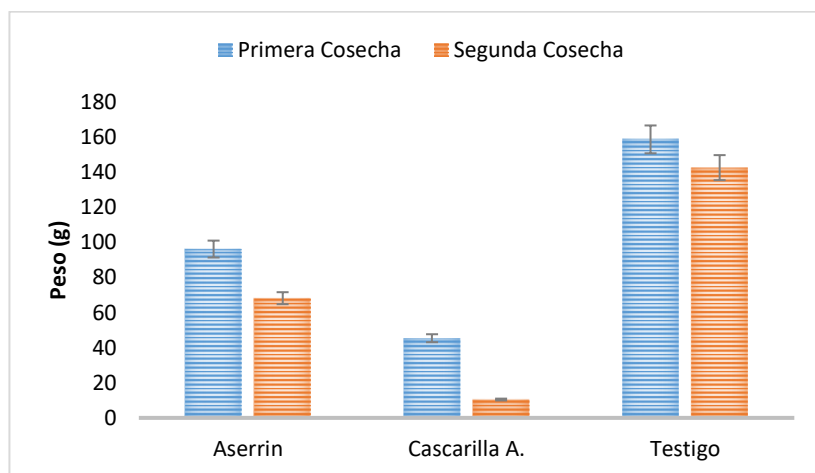
Cuantificación de la Producción de Carpóforos y Eficiencia Biológica

La producción obtenida en la primera cosecha es mayor que la segunda en todos los tratamientos (Figura 6). Estos resultados concuerdan con los datos obtenidos por Santillan y Morocho

(2018), en donde registran que el peso de los cuerpos fructíferos va disminuyendo de 0.32 kg (primera cosecha) a 0.13 kg (tercera cosecha). Adicionalmente, se menciona que es posible esperar de dos a cuatro cosechas con una producción cada vez menor. Las dos primeras son las más importantes ya que corresponden al 90% del total de producción. Por esta razón, para la investigación se utilizaron los datos de las primeras dos cosechas, ya que son las más productivas. Los datos obtenidos de peso fresco de carpóforos de cada unidad experimental y el peso seco del sustrato sirvieron para el cálculo de eficiencia biológica para cada tratamiento y repetición.

Figura 6

Producción en gramos de primera y segunda cosecha de cada tratamiento



Se realizó un análisis de medias para conocer la eficiencia biológica. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre todos los tratamientos utilizados para la producción de *P. ostreatus*, siendo el mejor tratamiento el testigo, con una media de 71.24 %. Seguidamente, el aserrín de eucalipto obtuvo una media de 42.26 % y por último el sustrato con cascarilla de arroz una media de 12.04 % (Cuadro 2). Estos resultados ubican al tratamiento testigo y al de aserrín de eucalipto como los únicos superior al rango mínimo de eficiencia biológica, que es de 40% (Díaz y Carvajal, 2014).

Cuadro 2

Valores de la eficiencia biológica del hongo P. ostreatus con diferentes tratamientos

Tratamientos	Media \pm D.E
Testigo (aserrín de pigue)	71.24 \pm 7.28 ^a
Aserrín de eucalipto	42.71 \pm 7.88 ^b
Cascarilla de arroz	12.04 \pm 16.21.4 ^c
Probabilidad	<0.0001
R ²	0.90

Nota. ^{a, b, c}: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$). D.E.: Desviación Estándar.

El tratamiento testigo (aserrín de pigue) y el tratamiento de aserrín de eucalipto obtuvieron el mejor desempeño en eficiencia biológica con respecto al sustrato de cascarilla de arroz. Los resultados de la eficiencia biológica del sustrato con cascarilla de arroz tienen concordancia con estudios previos realizados por Puig et al. (2020), en donde registraron una eficiencia biológica de 15.19%. Además, concuerdan con lo presentado por Guzmán (2018), quien evaluó aserrín de especies maderables y cascarilla de arroz, siendo la cascarilla de arroz el sustrato con menor eficiencia biológica con 21.32% y el aserrín de especies maderables como el mejor con 48.33%.

Los resultados de eficiencia biológica se relacionan directamente con el contenido de lignina y celulosa. Es decir, que las diferencias entre tratamientos evaluados en cuanto a eficiencia biológica, pudieron deberse al grado de biodisponibilidad de estos nutrientes en el sustrato; de manera que a mayor eficiencia biológica, mayor consumo de lignina y celulosa (Calderón Mérida, 2009).

El tipo de sustrato utilizado también juega un rol importante en la producción de hongos comestibles. El aserrín es un sustrato muy utilizado en el cultivo de *P. ostreatus* por su accesibilidad y sus propiedades nutricionales que favorecen el crecimiento del hongo, al contener lignina y celulosa, nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de hongos (Santillan y Morocho, 2018). Sin embargo, el contenido de estos nutrientes varía dependiendo del origen de la madera. El *P. ostreatus* es un hongo cuya fuente de alimentación se basa en carbohidratos estructurales, debido a que posee enzimas capaces de romper enlaces de estructuras complejas como lo son la lignina, la celulosa y la

hemicelulosa. Los mejores resultados están asociados a sustratos que tienen un alto contenido de lignina (Rivera et al., 2013). En este caso, es el testigo el que tiene los mayores porcentajes de lignina en su composición y mejores resultados según Villalba Pozo (2019), el contenido de lignina para el aserrín de pígüe es de 22.95% y para el aserrín de eucalipto es de 14.05%. Esto afirma lo mencionado por Rivera et al. (2013).

Período Productivo y Tasa de Producción

Los resultados registrados en cuanto al tiempo de producción de cada sustrato fueron tomados desde la inoculación hasta la segunda cosecha. El tratamiento testigo y el tratamiento con aserrín de eucalipto fueron los sustratos con un periodo productivo de menor tiempo con 46.8 y 46.4 días respectivamente y por último está la cascarilla de arroz con 58.5 días hasta la segunda cosecha (Anexo I). Esto concuerda con los resultados de tiempo requerido en la investigación realizada por , en donde transcurrieron 45 días para finalizar el ciclo productivo de *P. ostreatus*.

La mayor tasa de productividad la obtuvo el testigo con una media de 1.54% por día. Estos resultados evidencian que el testigo no solo fue el sustrato con mayor producción de hongos, sino que fue el más rápido en la producción, en comparación al resto de los sustratos. Como menciona Borja y Segura (2016) la tasa de producción indica el potencial productivo diario de un determinado hongo después de ser sembrado. Una alta tasa de producción indica una elevada eficiencia biológica en un ciclo corto de producción, desde la inoculación hasta la última cosecha.

Cuadro 3

Resultados de cálculo de tasa de productividad para cada sustrato

Tratamientos	Media \pm D.E
Testigo (aserrín de pígüe)	1.54 \pm 0.09 ^a
Aserrín E.	0.93 \pm 0.12 ^b
Cascarilla A.	0.21 \pm 0.04 ^c
Probabilidad	0.0253
R ²	0.90

Nota. ^{a, b, c}: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$). D.E.: Desviación Estándar.

Los tratamientos de aserrín de eucalipto y cascarilla de arroz resultaron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$), específicamente para la tasa de productividad. Estos resultados son productos de varios factores como es el tamaño de partícula del sustrato y el tipo de sustrato. Según menciona Pérez (2015), los tamaños de partículas de sustrato muy grandes son inadecuados porque dificultan la compactación del mismo y el acceso del hongo a los nutrientes como la lignina y celulosa, así como también limita la retención de humedad. En el caso de la cascarilla de arroz es un sustrato con tamaños de partícula grandes y sus resultados reflejan que en efecto dicha característica afecta la producción de hongos. El tratamiento testigo a base de aserrín de pigue y el tratamiento con aserrín de eucalipto tienen tamaños de partícula ideales que permiten la compactación del micelio y la retención de humedad.

Estimación de Costos, Precio de venta, Rentabilidad y Punto de Equilibrio

La determinación de los costos de un producto (Anexo I) es la base para el establecimiento de un precio de venta de un bien o servicio. Para la presente investigación, se partió de evaluar la parte técnica del producto y en función al sustrato que presentó mejores resultados (el testigo con una eficiencia biológica de 71.74%), se desarrolló el análisis de los costos asociados. Se determinó que los costos fijos unitarios corresponden a la mano de obra y son de USD 27.18, los costos variables unitarios son de USD 34.63, dando como resultado una cifra de USD 61.81 para costos totales (Anexo I).

El precio de venta del producto (kit de un fructificador) se estableció a través del método costo plus, en el que se asignó un porcentaje de ganancia del 40%. Este porcentaje asignado supera la tasa de beneficios del Banco Pichincha que es del 16.5%. La tasa de beneficios es una medida de las ganancias que se obtienen por cada unidad de capital invertida en un negocio (Roldán, 2021).

El punto de equilibrio es un indicador en el que se relaciona los costos asociados y el precio de venta. Fernández (2018), lo define como una herramienta que estudia el comportamiento y la relación entre ingresos totales y costos totales. A medida que ocurren cambios en las unidades vendidas, el precio de venta, el costo variable por unidad o los costos fijos de un producto (Anexo J).

En el Cuadro 4 se visualiza que el número de unidades de producto necesarias para no generar pérdidas ni ganancias es de 230 unidades anuales. Este cálculo es de suma importancia para la toma de decisiones en un emprendimiento, ya que permite identificar si es posible incrementar la producción, así como los puntos críticos para reducir costos o aumentar margen de ganancias. La rentabilidad del producto fue de 28.9%, lo cual se encuentra arriba del rango mínimo de rentabilidad establecido por Zugarramurdi et al. (1998) para proyectos pequeños, que es de 10 - 15% de rentabilidad.

Cuadro 4

Punto de equilibrio y precio de venta del kit fructificador

Producto	Precio de venta (USD)	Punto de equilibrio mensual (Unidades)	Punto de equilibrio anual (Unidades)	Margen de ganancia	Rentabilidad del producto
Kit Fructificador	87	19	230	40%	28.9%

Nota. Moneda utilizada, dólares

Con base en el escenario planteado se realizó proyecciones de ganancias mensuales fijando una meta de ventas de 35 unidades mensuales (Cuadro 5), dando como resultado ganancias netas mensuales de USD 1,105.90. (Cuadro 8). Estos resultados fueron obtenidos al calcular la diferencia entre la ganancia bruta mensual y los costos fijos mensuales (Anexo I). De esta manera se generarían ganancias netas mensuales de USD 1,105.90.

Cuadro 5

Objetivos de venta y ganancias netas estimadas

Meta de venta mensual (Unidades de producto)	Ganancia bruta mensual USD	Costos Fijos Mensuales USD	Ganancia neta mensual USD
35	3,029.06	1923.15	1,105.90

Análisis de Sensibilidad

En el análisis de sensibilidad se evaluó las variaciones del costo total unitario con respecto a cambios en el precio de venta del producto (Cuadro 6). El escenario más favorable presentado en la matriz de sensibilidad para el producto se puede visualizar cuando existe una variación del 10% en el precio de venta y una reducción de los costos totales unitarios al 90%. Por otro lado, el escenario menos favorable se encuentra ubicado cuando se incrementan los costos en un 110% y el precio de venta se ve reducido al 90%.

Cuadro 6

Matriz de sensibilidad de la variación del costo unitario en función del precio de venta en dólares

Variación del costo total unitario	Variación del precio				
	90%	95%	100%	105%	110%
90%	22.25	26.58	30.91	35.24	39.56
95%	19.16	23.49	27.82	32.15	36.47
100%	16.07	20.4	24.73	29.05	33.38
105%	12.98	17.31	21.64	25.96	30.29
110%	9.89	14.22	18.55	22.87	27.9

Conclusiones

Desde un punto de vista técnico, el kit de fructificación logra proporcionar las condiciones ideales para la producción de *P. ostreatus* a pequeña escala a nivel residencial.

En comparación al tratamiento con aserrín de eucalipto y cascarilla de arroz, el tratamiento testigo (aserrín de pigüe) resulta en una mayor eficiencia biológica . Por lo que, se considera la opción más viable para la ejecución del proyecto de emprendimiento.

El rendimiento productivo fue significativamente mayor con el tratamiento testigo (aserrín de pigüe) que con el resto de los tratamientos evaluados.

La rentabilidad unitaria del producto fue de 28.9% con un punto de equilibrio anual de 232 unidades a ser comercializadas para no generar pérdidas ni ganancias para la empresa, utilizando un margen de ganancia del 40% y un precio de venta de USD 87.

Recomendaciones

Realizar un estudio de mercado en el que se calcule otros indicadores financieros como VAN, TIR, Relación Beneficio Costo, para determinar la viabilidad comercial de este posible emprendimiento.

Evaluar el potencial del producto en proyectos de desarrollo rural sostenible, en donde los miembros de la comunidad puedan producir hongos comestibles utilizando residuos agrícolas.

Realizar combinaciones de los sustratos utilizados e identificar su composición nutricional mediante análisis bromatológicos en laboratorio.

Referencias

- Ardón López, C. E. (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)* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf
- Bermúdez, R., Morris, H., Donoso, C., Martínez, C [Clara] y Ramos, E. (2003). Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. florida. *Revista Cubana De Investigaciones Bioédicas*, 22(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002003000400002
- Borja, L. y Segura, W. (2016). *Evaluación de residuos agrícolas predominantes en la provincia Bolívar para producción de hongos tipo ostra (Pleurotus ostreatus) por fermentación sólida* [Tesis]. Universidad estatal de Bolívar, Ecuador. http://190.15.128.197/bitstream/123456789/1492/1/tesis_%207.pdf
- Calderón Mérida, J. A. (2009). *Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (Zea mays L.) para la producción del hongo Pleurotus ostreatus (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152)* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/01/01_2498.pdf
- Cano, A. y Romero, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista Chilena De Nutrición*, 43(1). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n1/art11.pdf>
- Cepero, M. C., Restrepo Restrepo, S. y Franco Molano, A. E. (2012). *Biología de Hongos* (1ª ed.). Universidad de los Andes.
- Chacón y Galia (2007). La Contabilidad de Costos, los Sistemas de Control de Gestión y la Rentabilidad Empresarial. *Actualidad Contable Faces*, 10(5), 29–45. <https://www.redalyc.org/pdf/257/25701504.pdf>
- Cohen, B. y Winn, M. (2007). Market imperfections, opportunity and sustainable entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 22(1), 29–49. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2004.12.001>
- Cruz, D., López, E., Pascual, L. y Battaglia, M. (2010). *Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie Pleurotus ostreatus - PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/18198627-Guia-tecnica-de-produccion-de-hongos-comestibles-de-la-especie-pleurotus-ostreatus.html>
- Cuevas Villegas, C. F. (2002). Fijación de precios Costo Plus (Costo más margen) y Target Costing (Costeo Objetivo). *Estudios Gerenciales*, 18(83), 13–30. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232002000200001#cuadro1
- Cumatzi, J., Nava, S., Naranjo, U. y Bibbins, M. (2017). La vida sexual de un hongo extraordinario llamado "Pleorotus". *Frontera Biotecnológica*, vol-08-3. <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol08/pdf/vol-08-3.pdf>
- Díaz, C. y Carvajal, E. (2014). Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite. *Alimentech Ciencia Y Tecnología Alimentaría*, 12(1), 63–70.

- https://www.researchgate.net/publication/338656040_Eficiencia_biologica_de_Pleurotus_ostreatus_cultivado_en_fibra_de_palma_de_aceite
- Donado Parada, T. V. (2014). *Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus); Moyuta, Jutiapa* [Tesis]. Univesidad Rafael Landívar, Guatemala. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Donado-Tania.pdf>
- Fernández Bedoya, V. H. (2018). Punto de equilibrio y su incidencia en las decisiones financieras de empresas editoras en Lima. *Quipukamayoc*, 26(52), 95–101. <https://doi.org/10.15381/quipu.v26i52.15507>
- France, I., Cañumir, V. y Cortez, M. (2000). *Produccion de hongos ostras (Pleurotus ostreatus)*. Publicación Universitaria. *Boletín INIA: Vol. 23*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7019>
- Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R. y Mata, G. (2004). *Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología.
- Grisales, L. (2017). *Hongos (reino Fungi): características y clasificación o tipos*. <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/fungi/hongos.htm>
- Guzmán Urrego, L. F. (2018). *Evaluación de diferentes tipos de sustratos para la producción de Pleurotus ostreatus en el municipio de Villanueva Casanare* [Tesis]. Universidad Abierta y a Distancia UNAD, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21390/1079032730.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Holgado Rojas, M. E., Aranzabal Carrasco, R. L., Lazarte Lovaton, R., Quispe Peláez, A., Pérez Leguía, K. A., Aguilar Mainicta, F. B. y Aguilar Pumahuilca, F. (2019). Cultivo de Pleurotus sp. y Lentinula edodes bajo condiciones artesanales en comunidades campesinas de la región Cusco/Perú. *Ecología Aplicada*, 18(2), 125. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1331>
- Ibarra Islas, A. (2019). *Aprovechamiento de residuos agroforestales en el cultivo de hongos Basidiomicetos* [Tesis]. Universidad Abierta y a Distancia de México, México. http://www.repositorio.unadmexico.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/199/1/PT2_2091-1_ES1511123754.pdf
- Magdaleno, C. (2013). *Efecto de dos sustratos en la productividad y calidad nutricional del hongo Pleurotus ostreatus* [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6476/62753%20MAGDALENO%20LOPEZ%2c%20CORAQUETZALI%20%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martinez Ramón, F. M. (2020). *Reproducción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en dos sustratos, en Samborondon-Provincia del Guayas* [Tesis]. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50797/1/Mart%c3%adnez%20Ram%c3%b3n%20Marlion%20Fernando.pdf>
- Motta, P. y Murcia, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente & Agua - an Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 77–90. <https://www.redalyc.org/pdf/928/92819767006.pdf>

- Murillo, A. y Rodriguez, D. (2018). *Alimentación saludable, la gran tendencia del consumo actual* [Tesis]. Universidad autónoma de occidente. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10621/T08290.pdf;jsessionid=4A237A9C83D47F83FA25232745040F04?sequence=5>
- Noj, J. (2017). *Diseño de un sistema de producción artesanal de hongos ostra (pleurotus ostreatus), para la asociación soz'il ong, que impulsa proyectos de desarrollo comunitario* [Tesis]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6294/1/Jos%C3%A9%20Eduardo%20Noj%20Pajarito.pdf>
- Ortiz, S. y Chile, M. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Siembra*, 7(1), 70–79. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1450>
- Pérez, E. (2015). *Efecto del tamaño de partícula y el método de desinfección de raquis de maíz en la producción de Pleurotus ostreatus en Catrina, San Marcos* [Tesis]. Universidad Rafael Landívar, San Marcos. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/De%20Leon-Julio.pdf>
- Puig, Y., Crespo, L. M., Cardona, Y., Matos, L. y Serrano, M. (2020). Evaluación de tres residuos agroindustriales como sustratos para el cultivo del Pleurotus ostreatus var. Florida. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "Yachasun"*, 4(7), 162–176. <https://doi.org/10.46296/yc.v4i7.0040>
- Rivera, R., Martínez, C [Carlos] y Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostratus*. *Luna Azul*(37), 89–100. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a08.pdf>
- Roldán, P. (2021). *Tasa de beneficio*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/tasa-de-beneficio.html>
- Sanchez, J. y Royse, D. (Eds.). (2017). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.*
- Santillan, M. y Morocho, V. (2018). *Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra (Pleurotus ostreatus), en la parroquia Tarqui* [Tesis]. Universidad Estatal Amazónica, Pastaza-Ecuador. <http://201.159.223.17/bitstream/123456789/359/1/T.AGROP.B.UEA.1098.pdf>
- Smith, A. y Linder, B. (2009). *Encuentro de Diseño para el Desarrollo Internacional: Libro de Diseño*. Curso de diseño MIT (D-lab); Olin College. <https://1library.co/document/yje1de2q-encuentro-de-diseno-para-el-desarrollo-internacional.html>
- Torres Viera, C. G., Murillo, J. y Rodríguez Elorza, A. M. (2019). *Experto Universitario en Medicina Trópic y Enfermedades Infecciosas*. Editorial Médica Panamericana.
- Ubillos, J. (2020). *Fichas Micológicas: Pleurotus Ostreatus*. <http://www.fichasmicologicas.com/?micos=1&alf=P&art=162>
- Vázquez Moreno, J. A. (2015). *El emprendimiento empresarial: La importancia de ser emprendedor*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Villalba Pozo, S. V. (2019). *Determinación de la viabilidad técnica y económica de la combustión del Pigüe (Piptocoma discolor) para su uso como combustible en la Provincia de Pastaza* [Tesis]. Universidad Estatal Amazónica, Ecuador. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/792/1/T.AGROIN.B.UEA.2098.pdf>

Zugarramurdi, A., Parín, M. A. y Lupin, H. M. (1998). *Ingeniería económica aplicada a la industria. Documento técnico de pesca: Vol. 351*. <http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s01.htm#TopOfPage>

Anexos

Anexo A

Componentes nutricionales de Pleurotus ostreatus

Nutriente	Cantidad (mg)/ porcentaje (%)
Agua	92.20%
Materia seca	7.80%
Ceniza	9.50%
Grasa	1.00%
Proteína bruta	39.00%
Fibra	7.50%
Fibra cruda	1.40%
Nitrógeno total	2.40%
Calcio	33.00 mg/100g
Fosforo	1.34 mg/100g
Potasio	3793.00 mg/100g
Hierro	15.20 mg/100g
Ácido ascórbico (vitamina C)	90-144.00 mg/100g
Tiamina(vitamina B1)	1.16-4,80 mg/100g
Niacina (vitamina B5)	46-108,70 mg/100g
Ácido Fólico	65,00 mg/100g

Anexo B

*Materiales utilizados para la construcción de un fructificador de hongos *Pleurotus ostreatus**

Materiales	Cantidad	Descripción
Clavos	66	clavos de 1 ^{1/2} pulgadas
Tablones	4	80 cm x 8 cm
Tablones	6	40 cm x 8 cm
Tablones	8	100 cm x 8 cm
Plástico de polietileno	1	3 m x 3 m
Martillo	1	Martillo metálico
Tijeras	1	Tijeras de papelería
Sierra	1	Sierra de mano para madera
Regla	1	regla plástica de 30 cm
Escuadra	1	escuadra de plástico 20 cm
Flexómetro	1	3 metros

Anexo C

Termo higrómetro utilizado para monitorear temperatura y humedad



Anexo D*Distribucion de semillas en el sustrato*

Anexo E*Desarrollo de micelio en el sustrato*

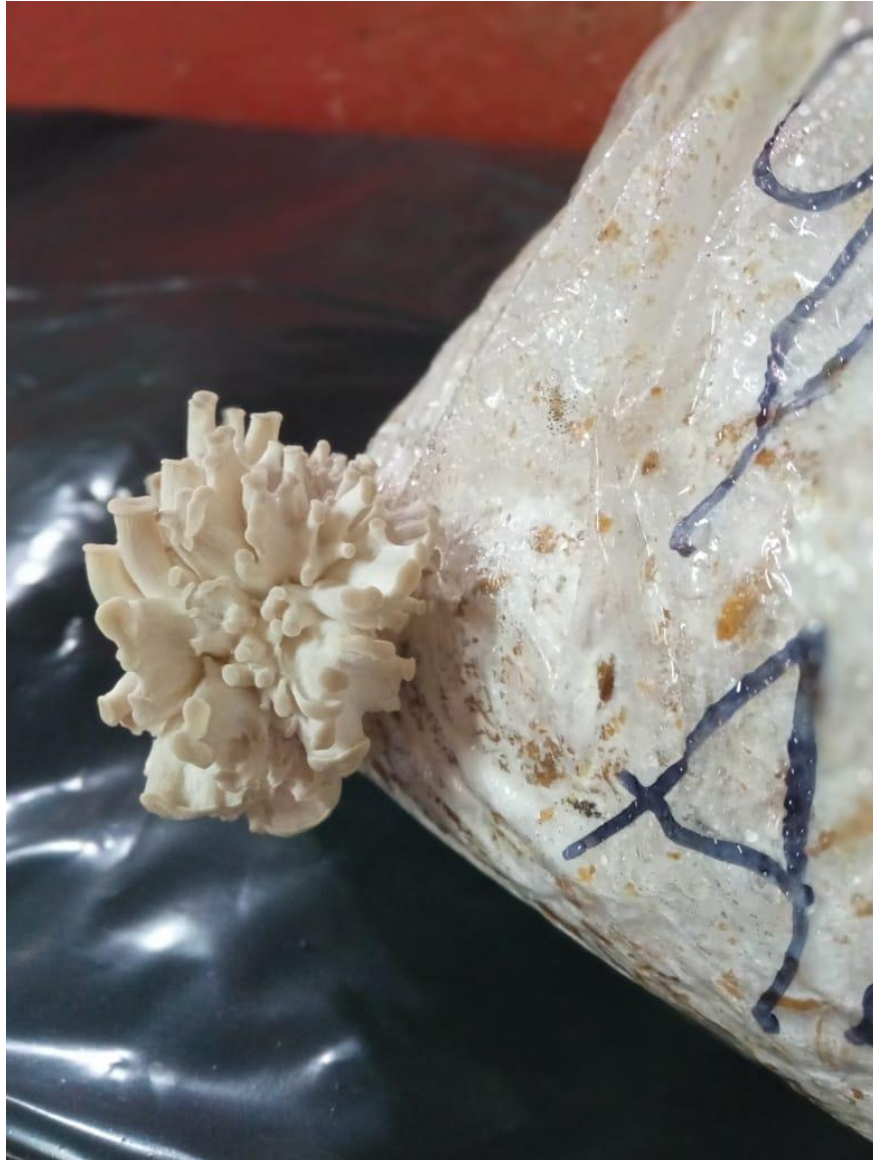
Anexo F

Perspectiva frontal del fructificador



Anexo G

Primordios en desarrollo



Anexo H

Registro de peso fresco de hongos



Anexo I

Resultados de producción de hongos para la cosecha 1 y 2 (peso en gr)

Tratamientos	Cosecha 1 Media ± D.E	Cosecha 2 Media ± D.E	Días requeridos
Testigo	165.04 ± 7.46 ^a	160.21 ± 23.29 ^a	46.8
Aserrín E.	80.37 ± 18.21 ^b	65.93 ± 13.80 ^b	46.4
Cascarilla A.	59.72 ± 16.77 ^c	14.76 ± 24.04 ^c	58.5
Probabilidad	<0.0001	<0.0001	
R ²	0.92	0.88	

Nota: ^{a, b, c}: letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (P < 0.05). D.E.: Desviación

Estándar.

Anexo J

Costos fijos del emprendimiento

Costos fijos			USD	USD
Salarios Operador	1	12	400	4,800.00
Salario Administrativo	1	12	1000	12,000.00
Permiso de operación	1	1	250	250.00
Material de desinfección	1	12	22.5	270.00
Arriendo	1	12	468	5,616.00
Depreciación	1	1	21.9	21.90
Transporte	1	12	10	120.00
Total costos fijos anuales				23,077.90
Costos Fijos Mensuales				1923.15

Anexo K

Costos Totales y variables unitarios del producto

	Costo USD
Fructificador	
Clavos	2
Termohigrómetro	6
Atomizador	1
Tablas	3
Plástico polietileno	3
Mano de obra	9
Bolsas Colonizadas	
Bolsas Producidas	15
Tiempo requerido	8
Bolsas / Hr	0.53
Costo Hr trabajo Ecuador \$	2.27
Bolsas Plásticas c/u	0.15
Sustrato Testigo / Kg \$	0.0176
Semilla	1
Cal	0.00336
Agua	0.00036
Leña	0.13
Costos Totales Unitarios	61.82
Costos Variables Unitarios	34.56