



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial -PUIDI-

Nombre del programa universitario de investigación de la DIGI

Producción de inóculo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en laboratorio CyT-CUNOC y transferencia de tecnología en Quetzaltenango.

Nombre del proyecto de investigación

4.8.12.6.39

Número de partida presupuestaria

Director Dirección General de Investigaciones del Centro Universitario de Occidente
-DICUNOC-

Unidad académica o centro no adscrito a unidad académica que avaló el proyecto

Ing. Hugo Leonel Rodríguez Loarca.	Coordinador	20031208
Inga. Mygdalia Alfonsina Mérida López.	Investigadora	20141157
Lic. QB. César Valdemar Racancoj López.	Investigador	20090733
Inga. María Helda Leticia Chay Santizo.	Investigadora	20211207
Ing. Luis Alfredo Bautista Rodas.	Investigador	20210918
Br. Gloria Vanesa Elida Alvarado Pacheco.	Auxiliar II	20240624

Nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por la DIGI

Quetzaltenango, 28 de febrero de 2025



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Contraportada

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Burgos Paniagua

Directora General de Investigación

M Sc. Liuba Cabrera

Coordinadora del Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Autores

Ing. Hugo Leonel Rodríguez Loarca.	Coordinador.	20031208
Inga. Mygdalia Alfonsina Mérida López.	Investigadora	20141157
Lic. QB. César Valdemar Racancoj López.	Investigador.	20090733
Inga. María Helda Leticia Chay Santizo.	Investigadora.	20211207
Ing. Luis Alfredo Bautista Rodas.	Investigador.	20210918
Br. Gloria Vanesa Elida Alvarado Pacheco.	Investigadora.	20240624

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: 4.8.12.6.39 en el Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial PUIDI. Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

ÍNDICE

1. Resumen.....	1
Abstract.....	2
2. Introducción	3
3. Contexto de la investigación.....	5
3.1 Delimitación en tiempo.....	5
3.2 Delimitación espacial.....	5
3.2.1 Centro Universitario de Occidente -CUNOC-.....	5
3.2.2 Laboratorio Ambiental de la División de Ciencia y Tecnología -DCyT.....	6
3.2.3 Módulos de producción.....	6
4. Revisión de literatura	6
4.1 Generalidad del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	6
4.2 Características fenotípicas	7
4.3 Descripción morfológica.....	8
4.3.1 Composición química	8
4.4 Semilla o inóculo	8
4.5 Sustrato	9
4.6 Medios de cultivo.....	9
4.7 Aislamiento del micelio	9
4.7.1 Por medio de tejido	10
4.8 Metodología para producción de inóculo primario.....	10
4.9 Metodología para la siembra del sustrato	10
4.10 Descripción de sustratos propuestos para siembra de inóculo.....	10
4.11 Asepsia de laboratorio.....	11
4.12 Estado del arte.....	11
4.13 Preguntas de investigación.....	14
5. Planteamiento del problema.....	14



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

6.	Objetivos.....	15
6.1	General.....	15
6.2	Específicos.....	15
7.	Hipótesis.....	16
7.1	Alternativa.....	16
7.2	Nula.....	16
8.	Materiales y métodos.....	16
8.1	Enfoque de la investigación.....	16
9.	Método.....	16
9.1	Diseño completamente al azar.....	23
9.2	Tratamientos y repeticiones.....	24
9.3	Operacionalización de las variables o unidades de análisis.....	26
9.4	Procesamiento y análisis de la información.....	27
10.	Resultados y discusión.....	29
10.1	Rendimiento de la producción del inóculo de hongo ostra en módulos experimentales ubicados en municipios de Quetzaltenango.....	33
10.2	Análisis de varianza.....	37
10.3	Análisis de varianza de medios de cultivo con inóculo procedente de Totonicapán....	38
10.4	Análisis de varianza de medios de cultivo con inóculo procedente de Quetzaltenango.	39
10.5	Caracterización de tratamientos según análisis de varianza.....	41
10.6	Análisis de cosecha en los módulos experimentales.....	46
10.7	Análisis de rentabilidad de producción.....	50
11.	Beneficiarios directos e indirectos.....	53
12.	Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.....	53
13.	Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND).....	56
14.	Contribución al desarrollo de iniciativas de ley.....	56
15.	Vinculación.....	56
16.	Conclusiones.....	57



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

17.	Recomendaciones	58
18.	Referencias.....	60
19.	Apéndice	65
20.	Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación.....	72
21.	Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario	72
22.	Aprobación de la Dirección General de Investigación	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	26
Tabla 2	Coherencia de la propuesta de investigación	28
Tabla 3	Monitoreo de diseño experimental, Totonicapán.....	33
Tabla 4	Monitoreo de Diseño Experimental, Quetzaltenango	35
Tabla 5	Caracterización de colonización del micelio	41
Tabla 6	Cosecha de cuerpos fructíferos municipio de Palestina de Los Altos	46
Tabla 7	Cosecha de cuerpos fructíferos Municipio de Quetzaltenango.....	47
Tabla 8	Cosecha de cuerpos fructíferos Municipio de Colomba Costa Cuca.....	48
Tabla 9	Costo unitario, cantidad y costo total en la producción de inóculo de hongo ostra.....	52
Tabla 10	Rentabilidad de producción de hongo ostra.....	52
Tabla 11	Beneficiarios directos e indirectos de la investigación	53
Tabla 12	Divulgación y entrega de información del proyecto de investigación.....	55
Tabla 13	Contribución del proyecto a las prioridades nacionales de desarrollo.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Producción de inóculo del hongo ostra y transferencia, Quetzaltenango.....	40
-----------------	--	----



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

1. Resumen

La presente investigación presenta el análisis de la producción de inóculo del hongo *Pleurotus ostreatus* en diversas fórmulas de cultivo y sustratos, con el objetivo de optimizar su propagación y rentabilidad en sistemas de producción experimental. Se utilizó un enfoque cuantitativo, empleando un diseño completamente aleatorio con 48 unidades experimentales (cajas Petri), en el que se examinaron variables como el desarrollo del micelio, la efectividad del aislamiento y la productividad del hongo bajo diversas condiciones.

Se llevaron a cabo ensayos en medios de cultivo tales como Agar Dextrosa Papa (PDA), Agar Extracto de Malta (EMA), Agar Sabouraud Dextrosa (SDA) y papa utilizando el método artesanal, además de analizar la siembra del inóculo en sustratos como xilote y maicillo. El estudio estadístico de los datos facilitó identificar las combinaciones más efectivas para la producción del hongo, teniendo en cuenta aspectos como la rapidez de colonización y el rendimiento final. Finalmente, se realizó la transferencia de tecnología a través de módulos experimentales establecidos en municipios de Quetzaltenango, con la finalidad de analizar la producción en el campo y confirmar la rentabilidad del proceso productivo.

Los resultados mostraron que la elección del medio de cultivo y el sustrato influyen significativamente en el crecimiento rápido del hongo y la eficacia del módulo de producción. El estudio incluyó un análisis financiero que demostró la sostenibilidad del proceso de producción de inóculo, evidenciando la viabilidad como alternativa económica para los productores.

Es por ello, que el estudio indica la importancia de la investigación en el avance de alternativas sostenibles que promuevan la seguridad alimentaria, la transferencia de tecnología y la promoción de conocimientos. De la misma forma, los resultados pueden colaborar como referente para la implementación de nuevos procesos investigativos.

Palabras clave: investigación, laboratorio, inóculo, sustratos, hongos ostra, seguridad alimentaria, sustentabilidad, objetivos de desarrollo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Abstract

This study analyzed the production of inoculum of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* using different culture media and substrates, aiming to optimize its propagation and profitability in experimental production systems. A quantitative approach was applied through a completely randomized design involving 48 experimental units (Petri dishes), assessing variables such as mycelial development, isolation efficiency, and mushroom productivity under varying conditions.

Experiments were conducted using culture media such as Potato Dextrose Agar (PDA), Malt Extract Agar (MEA), Sabouraud Dextrose Agar (SDA), and a handcrafted PDA medium. Additionally, the inoculum was cultivated on substrates including corn husk (xilote) and milled maize (maicillo). Statistical analysis facilitated the identification of the most effective combinations for mushroom production, considering factors such as colonization rate and final yield. Technology transfer was subsequently carried out through experimental modules established in municipalities of Quetzaltenango, in order to evaluate field production and confirm the economic viability of the process.

The results indicated that the selection of culture medium and substrate significantly impacts the rapid growth of the mushroom and the efficiency of the production module. A financial analysis also demonstrated the sustainability of the inoculum production process, underscoring its potential as an economically viable alternative for local producers.

This research highlights the relevance of scientific studies in promoting sustainable alternatives that contribute to food security, technology transfer, and knowledge dissemination. Moreover, the findings may serve as a reference for future research initiatives and innovations in this field.

Keywords: Research, laboratory, inoculum, substrates, fungi, food security, sustainability, development goals.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

2. Introducción

Los hongos comestibles, específicamente de la especie *Pleurotus ostreatus*, poseen alto porcentaje de valor nutritivo, fibra y proteína, por lo que es una alternativa para reemplazar alimentos de origen animal y así obtener variación de proteína en la dieta alimenticia humana, por lo que es importante el abastecimiento permanente para ofrecer la alternativa alimenticia mencionada, parte del proceso requiere el conocimiento de producción, iniciando con la selección de materia prima, obtención de inóculo y producción, en el presente documento se presenta el desarrollo de la investigación, la cual incluye considerar el material adecuado, el método y la forma propicia para obtener los resultados que respondan a los objetivos propuestos.

Al exponer al micelio a cambios respecto a insuficiencia de nutrientes, cambio de temperatura, humedad, atmosférico o lumínico, el micelio se estresa y comienza a producir las estructuras reproductoras que comúnmente se le conoce como hongos. Se puede indicar que el cultivo de hongos es la práctica de obtener basidiomas mediante la reproducción artificial, alterando las condiciones para el surgimiento y desarrollo. Valdespino, Fabiola (2021)

Existen indicios de procesos en cuanto a la obtención de inóculo del hongo ostra, de forma empírica, y otros de forma técnica, de ésta última se menciona el ejemplo en la comunidad de Chuculjuyup del departamento de Totonicapán, donde existen otras experiencias y el municipio de Cantel en Quetzaltenango en donde mujeres indígenas han establecido un laboratorio para la producción e investigación del proceso in vitro del hongo ostra. Cabe resaltar, la importancia de apoyo a esta iniciativa a nivel de organizaciones no gubernamentales y Asociaciones comunitarias y se reconoce a la institución de educación superior estatal, la cual debiese cumplir con el estándar científico, social y humanitario.

En la ejecución de la investigación se requirió de alianzas y vinculación de docentes y estudiantes, cumpliendo así con la línea estratégica referente a la extensión, para ello, se generaron medios de cultivo (Papa Dextrosa Agar (PDA), el Agar Extracto de Malta (EMA), Agar Sabouraud Dextrosa



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

(SDA) y papa con método artesanal), para que las actividades en laboratorio y campo se desarrollaran de manera oportuna, cumpliendo con los objetivos planteados.

Es importante hacer notar que los procesos de variabilidad climática se acentuaron en el período seco del año 2024 y la incidencia de incendios forestales fue intensa en la región, lo cual complicó los inicios del proyecto, especialmente lo referido a la recolección de especímenes in situ. En la metodología empleada para la producción del inóculo *P. ostreatus*, se recurrió al uso del diseño experimental completamente al azar, puesto que se empleó el método de aislamiento por tejido de dos diferentes procedencias (Quetzaltenango y Totonicapán), evaluando los medios de cultivo, las fases de obtención de micelio; seguidamente se realizó la transferencia de esta tecnología por medio de módulos experimentales en municipios de Quetzaltenango con la intervención de estudiante de la división de Ciencia y Tecnología, se sembró y analizó el rendimiento de la producción de inóculo del hongo ostra, con las mejores características obtenidas en el laboratorio.

Con los datos de producción obtenidos en los módulos productivos, se procedió a realizar análisis de rentabilidad de la producción y evidenciar la auto sostenibilidad del proceso productivo de inóculo y siembra de los hongos; los resultados, aunque parciales, evidencia que la producción de hongo *Pleurotus ostreatus*, es una actividad productiva alternativa y rentable. Finalmente se realizó una campaña de divulgación y promoción de los resultados con estudiantes y docentes de la División, mediante información nutricional e informativo del proceso utilizado por el equipo investigador.

El año 2024 fue un año en donde los efectos del cambio climático se hicieron sentir en su máxima expresión, el período seco se extendió en el área occidental hasta el mes de junio y julio, con lo cual, los hábitats forestales tuvieron un impacto en su microfauna y flora; los ecosistemas han sufrido daños irreversibles, los incendios forestales, por tanto, han dejado profunda huella que no permite una regeneración pronta de sus componentes biológicos. A pesar de esta situación, el equipo investigador realizó sus mejores esfuerzos para cumplir con los objetivos del proyecto, alcanzando con éxito los mismos y cumpliendo con los mandatos institucionales de la USAC.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

3. Contexto de la investigación

3.1 Delimitación en tiempo

Se consideraron actividades generales y específicas para el desarrollo del presente proyecto, que incluyó la adecuación de espacios y equipo de laboratorio del complejo de laboratorios de la División de Ciencia y Tecnología para alcanzar un mayor porcentaje de proliferación y evitar contaminación, también se requirió el replanteamiento de planificación debido a la prolongación del período de sequía; las actividades prácticas incluyeron la experimentación con cepas, para realizar el análisis y discusión constante de resultados, asimismo se tuvo el acercamiento con personas experimentadas en la producción de hongo comestible; para finalmente proceder con la redacción de informes, difusión/socialización de información a través de actividades complementarias, el proyecto tuvo una duración total de 13 meses, para alcanzar los resultados que se describen, hubo necesidad de solicitar ampliación de tiempo, administrativamente el proyecto dio inicio en el mes de febrero de 2024 y finalizó técnicamente con la elaboración y entrega del informe final en febrero del 2025.

3.2 Delimitación espacial

3.2.1 Centro Universitario de Occidente -CUNOC-

El CUNOC, se sitúa en el departamento de Quetzaltenango, con ubicación geoespacial 14°50'41"N 91°32'6"W, siendo un Centro Universitario con importancia e influencia a nivel regional, de igual manera el trabajo de campo incluyó la visita a áreas boscosas de los municipios de Cantel, Zunil, Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango y Totonicapán.

De la oferta académicas en el documento oficial de la USAC se listan las carreras de licenciatura del CUNOC, las cuales son: Derecho, Administración de Empresas, Economía, Auditoría, Profesorado y Licenciatura en Psicología, Pedagogía y Matemáticas, Técnico y Licenciatura en Trabajo Social, Medicina, Ingenierías Industrial, Mecánica y Civil, Ingeniería Agronómica, Administración de tierras, Gestión ambiental, Arquitectura, asimismo programas de



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

autofinanciamiento para Posgrados y Doctorados, las jornadas ofertadas se insertan en la clasificación, nocturnas, diurnas, plan fin de semana. (USAC, 2013)

3.2.2 Laboratorio Ambiental de la División de Ciencia y Tecnología -DCyT

El laboratorio de Gestión Ambiental de la DCyT, se encuentra ubicado en las instalaciones del Módulo D del CUNOC, en dónde se llevó a cabo el desarrollo experimental del proyecto, y se encuentra también el Complejo de laboratorios (tipo Fab Lab) que contiene equipo recibido del Consorcio Regional de Investigación Agrícola y pecuaria –CRIA del IICA-, el cual se utiliza con fines de investigación y servicio. De esta forma, se da a conocer la accesibilidad de instalaciones e insumos básicos de laboratorio útiles durante el desarrollo de la investigación.

3.2.3 Módulos de producción

Se establecieron tres módulos de producción como réplica del módulo experimental, para vincular el cumplimiento del eje de extensión universitario, en las carreras de la División de CyT, específicamente en áreas de los municipios de Quetzaltenango, Palestina de los Altos y Colimba Costa Cuca.

En los bosques de Totonicapán y Quetzaltenango se realizaron visitas y caminamientos para la búsqueda, identificación y recolección de especímenes de *P. ostreatus*.

4. Revisión de literatura

4.1 Generalidad del hongo *Pleurotus ostreatus*

Vallejo et. al (2017), quien cita a Vargas y Mosquera (2012), afirma que los hongos ostra, poseen la característica de adaptación, desarrollo y producción en diversos sustratos orgánicos tales como los subproductos madereros, cereales, vegetales, oleaginosas, otros, debido a que los requerimientos nutricionales son carbohidratos, compuestos nitrogenados y minerales, lo anterior permite que el cultivo de hongo de género *Pleurotus ostreatus* sea considerado como alternativa para coadyuvar la seguridad alimentaria, disminución de costos de producción e incremento de economía familiar y/o comunitaria.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Pineda et al., (2014), resalta los beneficios que se obtienen en la producción de hongos, debido a que los sustratos en los que se desarrolla en ocasiones son poco aprovechados y por ende representa una alternativa de uso al mismo que, en contraparte con otras especies de hongos comestibles, se requieren de mayores consideraciones.

Desde otros aspectos benéficos, específicamente en el ámbito de la salud, Morris et. al (2018), presenta en los resultados la importancia del género *Pleurotus* como fuente natural de compuestos bioactivos útil para la estimulación de respuesta inmunológica deseada, evitando los efectos de la inmunodeficiencia secundaria o adquirida, lo cual vulnera la integridad de los seres humanos.

4.2 Características fenotípicas

Respecto a las características fenotípicas de hongo ostra, se consideró la caracterización que presenta Pajarito (2017), las cuales son:

- **Color:** el color da indicios para la identificación de especies, que van desde coloración roja, rosácea, café, blanca, otros.
- **Píleo o Sombrero:** la media aproximada es de 5 - 25 centímetros de expansión en forma de ventilador ampliamente convexo y plano en la madurez; margen lobulado, superficie lisa blanca o café grisáceo, la carnosidad es blanca y olor anís.
- **Estípite o pie:** a menudo ausente, cuando se presenta es corto y grueso, de 0,5 a 3,0 centímetros de longitud, 0,5 a 2,0 centímetros de espesor, excéntrico o lateral con pelos blancos y densos en la base.
- **Himeno:** son consideradas como láminas variables en forma, tamaño, densidad, que permite la unión con el estípite.
- **Anillo:** conocido como velo, se encuentra semicerrado y se encarga de la protección de las láminas.
- **Olor y sabor:** consideradas como características de importancia secundaria, debido que a partir de éstas se confirman especies de hongos. El olor puede ser agradable e imperceptible.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

4.3 Descripción morfológica

Del crecimiento del *P. ostreatus* Pérez (2016) aclara que “principalmente crece sobre sustratos denominados lignocelulósicos, con niveles bajos de minerales y vitaminas. El carpóforo conocido como sombrerillo tiene forma redondeada y de superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose paulatinamente, en donde al principio el borde se encuentra enrollado”.

4.3.1 Composición química

La información que presenta Pajarito (2017) se establece que el hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y minerales; contiene vitaminas como la tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, pirodoxina, cobalamina y provitaminas como la ergosterina y carotenos (p 64). Asimismo, minerales indispensables como el calcio, fósforo, potasio y hierro, y su bajo contenido en grasas, carbohidratos y sodio, lo que lo hacen valioso contra padecimientos cardiovasculares e hipertensión.

4.4 Semilla o inóculo

Respecto a la descripción de la semilla de micelio según France et. al. (2000) “es la forma en que el micelio es inoculado en un sistema productivo” por lo tanto, previendo la selección adecuada del sustrato, evitando la contaminación de productos químicos, hongos o insectos.

Desde el punto de vista de Montenegro et al. (2021) la preparación de inóculo o semilla es fundamental iniciando con la propagación del hongo en diferentes sustratos, especialmente en granos, asimismo se resalta la adaptabilidad de crecimiento en trigo o avena en donde la “semilla” de hongo crece en sustrato de grano, en forma conjunta de esporas, conocidos como inóculos, debido a que se introduce (inocula) el organismo al sustrato para el crecimiento.

Montenegro et al. (2021) indica que para la adecuada producción de hongos se debe considerar parámetros como: tipo de grano, cepa, método, inclusive asepsia para preparación, tiempo requerido de incubación del sustrato inoculado, densidad de micelio, periodo de aparición de primordios, producción y rendimiento.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

4.5 Sustrato

Montenegro & Stuardo (2021) describen que la selección y preparación del sustrato para la producción de hongo, deben desarrollarse de forma oportuna y adecuada. En el entendido que el crecimiento, se da en la mayoría de materia o subproducto vegetal, por lo que, es menester conocer la disponibilidad permanente de éste en el contexto en donde se establezcan los módulos de producción de hongo, evitando pérdidas o gastos vanos a los productores o interesados, por lo tanto, los sustratos deberán ser de materiales predominantes de la región, incluyendo el precio de adquisición y accesibilidad. Por otra parte, Juárez, et al. (2019) aluden a alternativas de sustratos considerados excedentes tales como el residuo de pulpa de café, que presentó resultados significativos, por lo que el autor lo caracteriza como excelente sustrato para el cultivo del hongo, siendo una alternativa de producción o para posteriores investigaciones.

4.6 Medios de cultivo

Como lo hace notar Valencia, et al., (2006) “los medios de cultivo más utilizados para la conservación y propagación de las cepas o esporas son: Papa Dextrosa Agar (PDA), el Agar Extracto de Malta (EMA) y el Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), específicamente para el crecimiento de hongos se requiere de inhibición bacteriana, lo cual se logra debido al bajo pH”. Los cuales según Angulo Zurtita & Mamani Sánchez (2022) son medios de cultivo utilizados para la conservación y propagación de las cepas, debido a que son especialmente elaborados para el crecimiento de hongos e inhiben la contaminación bacteriana gracias a su bajo pH.

4.7 Aislamiento del micelio

Montenegro & Stuardo (2021) indican que “Una cepa o colonia corresponde al micelio puro de un hongo que se desarrolla de forma algodonosa sobre un medio de cultivo nutritivo” por lo que sugieren que en cuanto a la forma de aislamiento se debe realizar a partir de un fragmento del hongo (tejido) o por medio de esporas y para evitar la contaminación por bacterias, por lo que en ambos tipos de aislamiento previo a la solidificación “aplicar 100 mg/L de gentamicina, estreptomycin o penicilina”



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

4.7.1 Por medio de tejido

Según Domínguez et. al. (2013), el proceso de obtención de cepas inicia al tomar un fragmento de la zona del píleo, utilizando pinzas esterilizadas, dentro de una campana de flujo laminar, para incluir la caracterización de las cepas, es por ello que en la presente investigación se optó por realizar este tipo de obtención de material primario.

4.8 Metodología para producción de inóculo primario

En cuanto a la metodología Valencia, et al., (2006) especifica el proceso para la elaboración de la semilla primaria, iniciando con un lavado para eliminar impurezas e hidratación del sustrato seleccionado, alcanzando el porcentaje de humedad ideal para el sustrato, ya que éste afecta el crecimiento micelial, puesto que, al no haber humedad el desarrollo es lento y la contaminación por mohos es mayor, por el contrario, el exceso de humedad permite que la contaminación bacteriana aumente. Al cumplir las indicaciones se procedió a hidratar el sustrato para embolsar e inocular con el micelio.

4.9 Metodología para la siembra del sustrato

El análisis de Montenegro & Stuardo (2021) aluden a que previo a la siembra de micelio, se pasteuriza de forma equilibrada, aplicando calor para disminuir los microbios y evitar competencia en espacio y nutrientes con el hongo a cultivar. Asimismo, “se deberá verificar que los sustratos que se vayan a utilizar no hayan sido tratados con plaguicidas o fungicidas”

Gaitán Hernández et al. (2006) afirma que para la siembra del hongo se requiere un área cerrada, limpia, provista de una mesa o superficie con cubierta de fácil lavado, desinfectada con una solución de alcohol comercial de 96° diluido en agua (70 por ciento de alcohol, 30 por ciento de agua). La siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura no mayor de 30°C. Las indicaciones empleadas dieron lugar a una adecuada siembra sin contaminación del sustrato.

4.10 Descripción de sustratos propuestos para siembra de inóculo

Olivera (2018) indica que “La utilización de los residuos de maíz, frijol y caña de azúcar pueden ser una alternativa viable como sustrato para la producción del *Pleurotus ostreatus*, la generación



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

de un alimento con un alto valor nutricional para consumo humano y los residuos generados pueden ser utilizados para la alimentación de rumiantes o como biofertilizante”. Dando opción al aprovechamiento de residuos de cultivos de la región en donde se realizó la investigación.

4.11 Asepsia de laboratorio

Aspecto importante a considerar es en cuanto a instrumentos y asepsia en el laboratorio, según Valencia, et al., (2006) que profundiza su propuesta en la limpieza y desinfección del espacio físico que ocupa el laboratorio, asimismo del material que se deberá usar en la previa preparación de la semilla, acotando a la adecuada desinfección previa a su uso, utilizando diversos materiales de limpieza y de laboratorio tales como: “20 ml de hipoclorito comercial, por cada litro de agua, para esterilizar el material de vidrio o de acero inoxidable e instrumento básico de laboratorio”.

4.12 Estado del arte

La producción de hongo tipo ostra ha tomado realce en torno a la seguridad alimentaria, puesto que existen investigaciones que se centralizan en los múltiples beneficios del hongo *Pleurotus ostreatus*, experimentando, caracterizando y presentando resultados para ser considerados dentro de la presente investigación, por lo que a continuación se listan las publicaciones e investigaciones en función al tema interés.

- Vallejo, et. al. (2017) centralizaron la investigación en la calidad alimenticia del hongo ostra, utilizando diferentes medios de sustrato, a través de los resultados del análisis de la calidad microbiológica, fisicoquímica, y organoléptica del hongo, en el parámetro fisicoquímico existió una variación nutricional, en contenido de humedad, materia seca, ceniza y pH, en cuanto al análisis microbiológico, los sustratos no influyeron en la carga microbiológica según normas establecidas y en las variables organolépticas, no hubo variación. Dichos resultados, contribuyen con la aceptabilidad para consumo del hongo ostra, fortaleciendo la diversidad de alimentos y por ende demuestra que el consumo de hongo tipo ostra coadyuva a la seguridad alimentaria de los consumidores.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Zubieta et.al. (2022) reconocen la importancia de la producción y el alto aporte nutricional de los hongos comestibles, mediante la evaluación de crecimiento del micelio in vitro de hongo tipo ostra, utilizando cuatro medios de cultivos y diferentes variables que conformaron los resultados finales para dar a conocer el mejor desarrollo de micelio según medio de cultivo, destacando en orden de importancia, principalmente a PDA, SDA, ELA, BHIA, asimismo se consideró el índice de producción de semilla, esta investigación solidifica la propuesta, pues se pretende evaluar medios de cultivo para la reproducción del hongo ostra, utilizando el método de aislamiento por tejido, a nivel de laboratorio.
- Pineda et. al. (2014) conceptualizaron que la rentabilidad es muy atractiva, debido a su bajo costo en cuestión de materia prima de tipo lignocelulósico, pues los sustratos son considerados como desechos agrícolas; asimismo, destacan que el interés por producir hongos del género ostra, ha aumentado y con ello las investigaciones que coadyuven a tecnificar los procesos, se vuelven primordiales para que a partir de los resultados y tendencias de producción de hongo ostra, se tecnifique el proceso productivo, por lo anterior es importante dar continuidad y considerar la rentabilidad, en función de la producción.
- Saltos et al. (2017) manifiestan que la rentabilidad de empresa de hongos no se circunscribe únicamente por el rendimiento final, sino se ha de considerar diferentes elementos, como el sustrato, por ello es importante emplear los materiales accesibles y según el contexto lo requiera, con la intencionalidad de hacer eficaz y eficiente el proceso de investigación y obtener resultados acordes a los objetivos.
- Valencia, et al. (2006). Consideran que el manejo de material biológico y obtención de semilla para su comercio sea de forma accesible para quien requiera conocer del proceso, puesto que ha sido uno de los puntos que ha limitado y obstaculizado los procesos de tecnificación para producción de semilla de hongo, utilizando como base la anterior investigación se considera oportuna establecer campañas de divulgación y promoción de resultados de las investigaciones que promuevan la transferencia de tecnología.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- La Vicepresidencia de la República de Guatemala y SENACYT, (2023) en el boletín del primer informe cuatrimestral, dio a conocer que durante la visita al departamento de Totonicapán, se promovió la participación de mujeres indígenas al programa ProInnovaCTi, para recibir financiamiento para su emprendimiento, debido a que producen e investigan el proceso in vitro del hongo ostra, en laboratorio municipal establecido con apoyo de asociación Tikonel, las involucradas destacaron la importancia del hongo dentro de la dieta alimenticia ya que posee un elevado contenido nutricional, aunado se atribuye el beneficio económico, debido a la comercialización, beneficiando aproximadamente a 150 productoras que representan por lo menos 750 familias de la aldea Chuculjuyup de Totonicapán, estas acciones evidencian la importancia de dar continuidad a procesos de investigación en tema de hongos ostra a nivel laboratorio, para sumar esfuerzos y contribuir con la tecnificación de los procesos productivos.
- Nieto et al. (2019) presenta en el estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café, se encontró que la seta de ostra, cultivada en residuo pulpa de café, es un alimento altamente nutritivo y saludable. No hubo diferencias considerables en la composición nutricional de macronutrientes (análisis proximal) y micronutrientes (minerales) del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café, resultando ser un excelente sustrato para el cultivo del hongo.
- López, C. y Zurita A (2020) realizaron una evaluación de las características fisicoquímicas (humedad, proteína, grasas, ceniza, fibra, pH y acidez) y microbiológicas del hongo *Pleurotus ostreatus* (mohos, levaduras, aerobios mesófilos, coliformes fecales, coliformes totales y salmonella) para contribuir y dar solución a la problemática del desconocimiento y búsqueda de nuevas fuentes alimenticias; parte de los resultados, indicaron valores significativos en proteína con un 3.75% y humedad con 85.94% y con ausencia de salmonella.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

4.13 Preguntas de investigación

- ¿Qué medio de cultivo del micelio *P. ostreatus* presenta mejor caracterización en laboratorio?
- ¿Qué relación hay entre los sustratos y la colonización del micelio?
- ¿Cuál es el desarrollo del inóculo en los módulos de producción establecidos?

5. Planteamiento del problema

Los problemas que afectan a la población incluyen la producción de alimentos que perjudican en su mayoría a personas o grupos con bajos recursos económicos, aunado el aumento de la tasa de crecimiento poblacional, obteniendo como resultado una mayor cantidad de personas con limitado acceso a alimentos y que muchas veces presentan índices de desnutrición parcial o crónica.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) 2022, presenta el costo de la canasta Básica Alimentaria (CBA) y Canasta Ampliada (CA) para Guatemala, la cual cubre requerimientos energéticos y calóricos esenciales para la nutrición y dieta guatemalteca; referente a la primera, (CBA) los precios oscilan en Q.3,181.53 y para la segunda (CA) Q.7,345.95, que, en comparación con datos del año 2021, se registra un aumento de 6.83%. abordando así, la falta de acceso a la seguridad alimentaria nutricional.

Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia –UNICEF– (2022) en Guatemala “el 49,8% de los niños sufre desnutrición crónica, siendo el primer lugar en América Latina y el sexto en el mundo en cuanto a desnutrición infantil”, por tanto, la introducción del hongo comestible *P. ostreatus* a la dieta alimenticia y por ende su consumo debido a sus bondades nutritivas, es una alternativa que contribuye a garantizar la nutrición, especialmente la infantil.

El hongo *Pleurotus ostreatus*, es uno de los hongos más estudiado y producido a nivel mundial debido, principalmente, a que crece en una gran variedad de residuos lignocelulósicos, la facilidad en el manejo y costos de producción. Con base a la información de Deepalakshmi y Mirunbalini (2014) la composición en macronutrientes representa nutricionalmente los siguientes contenidos



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

en materia seca, de proteínas (17- 42%) aminoácidos esenciales y no esenciales, bajo contenido de carbohidratos (37-48%), grasas (0,5-5%), y, considerable contenido de fibra (24-31%) y vitaminas.

Por lo anterior, es necesario conocer la fase inicial de la producción de hongos comestibles, en relación con la obtención de inóculo específicamente de *P. ostreatus* para que no se limite a sectores industrializados, sino que sea conocido a través de la investigación y difusión de investigadores específicamente de la DCyT del CUNOC, que mucho puede aportar en beneficio de la sociedad, puesto que, los mecanismos de formación y aprendizaje de esta temática requieren de altos costos relegándose a un grupo de personas con capacidad de inversión de materiales y equipo, lo cual vuelve dependiente el ciclo productivo a causa de la compra de semilla. Se presenta la necesidad de promover mejoras en la metodología empírica y con escasa inocuidad de obtención de inóculo, utilizando materiales y sustratos alternativos al convencional, los cuales en su mayoría son materiales que sobran de otros cultivos o de procesos productivos

6. Objetivos

6.1 General

Contribuir a la seguridad alimentaria de las familias del occidente del país con la provisión de inóculo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

6.2 Específicos

- Evaluar medios de cultivo para la reproducción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), utilizando el método de aislamiento por tejido en el laboratorio de la División de Ciencia y Tecnología, CUNOC, Quetzaltenango.
- Establecer el rendimiento de la producción del inóculo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) a través de módulos experimentales en municipios de Quetzaltenango.
- Establecer la rentabilidad de la producción del inóculo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) a través de módulos experimentales en municipios de Quetzaltenango.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7. Hipótesis

7.1 Alternativa

Al menos un medio de cultivo presentará diferencia significativa en el desarrollo del inóculo de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en laboratorio.

7.2 Nula

Ningún medio de cultivo presentará diferencia significativa del inóculo de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en laboratorio.

8. Materiales y métodos

8.1 Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló desde el enfoque cuantitativo, debido a que se aplicó recolección y análisis de datos referentes a datos numéricos, donde se requirió del análisis e interpretación de la relación numérica de los resultados que se obtuvieron de los sustratos, asimismo de datos sobre la rentabilidad de producción de hongos, en módulos de producción experimental, respecto al rendimiento del hongo. Lo descrito requirió del uso de técnicas e instrumentos para las hipótesis alternativas o nulas, mismas que se presentan con su debida aceptación. Finalmente, se analizó los datos e información que no requirieron medición numérica, específicamente información respecto al tipo de aislamiento y medio de cultivo, éstas se organizaron a través de formatos de observación y se presentan en tablas con la respectiva interpretación.

9. Método

La presente investigación se circunscribe a los lineamientos establecidos por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI). La metodología incluyó: la observación, planificación, reconocimiento de áreas para establecimiento de módulos de producción, adecuación de área de laboratorio, verificación de instrumentos, obtención de carpóforo, actividades frecuentes de manipulación para las pruebas, preparación de medios de cultivo, experimentación, registro de datos, organización y análisis de datos.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Cabe resaltar que el laboratorio del CUNOC cuenta con la disponibilidad y factibilidad de acceso a espacios e instrumentos básicos de laboratorio, para la ejecución de la investigación y los específicos se obtuvieron por medio del presente proyecto y gestiones externas. Respecto al recurso humano calificado, los investigadores participantes contribuyeron con habilidades y capacidades en el tema de establecimiento, producción de hongos y prácticas de producción.

A continuación, se describen la ruta metodológica de la presente investigación, considerando algunos aspectos de la propuesta de Montenegro & Stuardo (2021).

- **Colecta de carpóforos:** la colecta de cuerpos fructíferos o carpóforo del hongo *P. ostreatus* se realizó en áreas boscosas y con apoyo de productores de Totonicapán y Quetzaltenango, con el apoyo de la Asociación de Cooperación para el Desarrollo Rural de Occidente -CDRO-, municipalidad de Totonicapán, municipalidad de Cantel, Guardabosques del Consejo nacional de Áreas Protegidas -CONAP- presentes en Laguna de Chicabal, San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango, para seleccionar y obtener el mejor carpóforo en tamaño, color, debido a que se evitó elegir un ejemplar enfermo, infestado o dañado por insectos, ya que, posteriormente fue llevado al área de laboratorio de gestión ambiental del CUNOC debidamente etiquetado con el código correspondiente.
- **Aislamiento de micelio:** el material vegetativo colectado en bosques de Totonicapán y Quetzaltenango se reprodujo en laboratorio a través de la técnica denominada *Por tejido*: haciendo uso del bisturí para el corte de la zona central del cuerpo fructífero del hongo y con la ayuda de una pinza estéril se tomó un pequeño fragmento del hongo de aproximadamente 2 mm. colocándolo en el medio de cultivo para el crecimiento del micelio.
- **Preparación del medio de cultivo:** para el crecimiento y aislamiento del micelio de *P. ostreatus*, se utilizaron los siguientes medios de cultivos sólidos:
 - ✓ Agar dextrosa papa (PDA) que comercialmente se encuentran en distribuidoras de accesorios de laboratorio.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- ✓ Agar dextrosa y papa utilizando el método artesanal, que incluye “llevar a ebullición 200 g de rebanadas de papa sin pelar en 1 litro de agua destilada, filtrar y mezclar con Dextrosa, agar, agua destilada para revolver hasta disolver” Montenegro & Stuardo (2021).
- ✓ Agar Extracto de Malta (EMA), medio utilizado para aislamiento y crecimiento de hongos comestibles, debido a la concentración de nutrientes, azúcares y extracto de malta que favorece el desarrollo vigoroso y rápido del micelio, germinación de esporas y expansión micelial. Zeryakis et al., (2001).
- ✓ Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), específicamente para el crecimiento de hongos ya que inhiben la contaminación bacteriana a causa de su bajo pH. Angulo Zurtita & Mamani Sánchez (2022)
- **Implementación del diseño experimental:** se implementó el diseño experimental completamente al azar, con 4 medios de cultivo y 2 procedencias de hongo para reproducción con seis repeticiones, haciendo un total de 48 unidades experimentales (cajas Petri).
- **Caracterización y selección del inóculo:** la caracterización de presencia o ausencia de crecimiento se determinó por medio del tamaño, color, apariencia, aspecto en proceso de propagación del micelio, la información se recopiló a través de una boleta de registro en donde se describió cada aspecto, siendo base para la selección del inóculo según los datos registrados de las diferentes combinaciones de aislamiento y medios de cultivo.
- **Preparación de sustratos para siembra del inóculo:** se realizó la preparación de maicillo, realizando un proceso de limpieza, lavado e hidratación durante 24 horas, se escurrió alcanzando un 30% de humedad en el sustrato. Para la esterilización se procedió a colocar 230 g del maicillo en bolsas plásticas de 2 libras para ser esterilizadas en autoclave aproximadamente durante 15 minutos a una temperatura de 121 C°, dejando enfriar durante 2 horas.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- **Obtención del inóculo primario:** se realizó un corte de tejido robusto, propagado y debidamente desarrollado en los medios de cultivo para depositarlo en las bolsas plásticas con sustrato previamente esterilizado, dejando incubar durante 15 a 20 días a una temperatura de 25 a 29 °C y en constante monitoreo.
- **Identificación de medio de cultivo:** con base a los resultados desarrollados a partir del diseño experimental se obtuvo el mejor sustrato para el posterior traslado a los sustratos de siembra.
- **Recolección de información y análisis estadístico:** la recolección inició desde la fase de inoculación en medios de cultivos, sin embargo, en este apartado se resaltaron los resultados obtenidos en el diseño experimental, se ordenaron en tablas excel para que los datos estadísticos se procesaran en el programa INFOSTAT.
- **Implementación de módulo de producción experimental:** se implementaron tres módulos experimentales de producción de hongos distribuidos en los municipios de Quetzaltenango, Palestina de Los Altos y Colomba Costa Cuca, definido por el grupo investigador, dichos módulos sirvieron para la siembra del inóculo madre desarrollados en laboratorio, se trasladó al sustrato productivo regular de olote o xilote el cual debió pasar por el proceso de selección y desinfección para su posterior siembra, obteniendo los conocidos “pasteles productivos” para registrar datos de desarrollo de micelio, fructificación, rendimiento y rentabilidad.
- **Preparación de los módulos:** los requerimientos para la producción de hongos comestibles tipo ostra son: techo de lámina, paredes de nylon negro, ventana de nylon, piso de cemento o tierra. De esta forma se logró adecuada incubación y se aceleró la producción.
- **Materiales básicos para el manejo de pasteles productivos en los módulos experimentales:**
 - ✓ Guantes
 - ✓ Mascarilla
 - ✓ Alcohol
 - ✓ Sustrato (Xilote u olote de maíz)
 - ✓ Cal hidratada
 - ✓ Toneles o recipientes de plástico



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- ✓ Canastas escurridoras
 - ✓ Bolsas plásticas transparentes
 - ✓ Atomizadores
 - ✓ Nylon negro
 - ✓ Semilla (micelio)
 - ✓ Estantería
-
- **Preparación del sustrato:** el sustrato más común es olote o xilote de maíz que debe estar limpio, sin pesticidas y libre de microorganismos. Se deben picar o cortar el olote en trozos de 4 centímetros, con ello se facilita la desinfección y la colonización del hongo.

 - **Desinfección del sustrato:** se remojó por un período de 48 horas el sustrato cortado en trozos, utilizando 6 libras de cal aproximadamente por toneles de 54 galones, posteriormente se dejó escurrir durante 24 horas, pasado este tiempo se realizó la prueba de humedad que consistió en prensar el sustrato y observar si existe escurrimiento, una o dos gotas es la humedad óptima.

 - **Siembra de semilla madre en xilote u olote:** se realizó la siembra del micelio colocando el sustrato (xilote u olote) picado y desinfectado, en bolsas delgadas y transparentes de 25 libras, en capas de 4 cm aproximadamente. Sobre cada capa de sustrato se esparció el micelio del hongo, estos procedimientos se repitieron hasta llenar por completo la bolsa, haciendo un nudo a la bolsa y cortando las esquinas inferiores para facilitar el escurrimiento de líquido excedente. Para cada bolsa de polietileno se utilizó un aproximado de 4 onzas de semilla, a los 8 días de haber iniciado la colonización de la semilla se perforaron 24 agujeros aproximadamente con utensilios filosos desinfectados, para la oxigenación e intercambio de gases.

 - **Incubación:** en esta etapa se procuró que el ambiente estuviese desinfectado y oscuro para que el hongo iniciara el proceso de desarrollo e invadiera el sustrato. Para ello se recomendó rodear el módulo con nylon negro y con un aspersor o atomizador colocar agua con cal para evitar contaminación. Transcurridos ocho días de la siembra se realizaron cortes a los lados de la bolsa para permitir el intercambio gaseoso, utilizando materiales desinfectados, la incubación dentro



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

de los pasteles puede varió de entre 25 a 30 días, debido a la cepa y condiciones de cada módulo. El periodo de incubación finalizó hasta que el micelio cubriera el sustrato en su totalidad, observándose una capa blanca donde posteriormente se desarrollaron los cuerpos fructíferos.

- **Controles ambientales:** el micelio, al colonizar el 90% del sustrato, requirió de modificaciones en el ambiente en donde se desarrolla, como humedad, temperatura, ventilación e iluminación, para provocar la inducción y desarrollo de formación de cuerpos fructíferos, entre los controles se realizó la verificación de
 - ✓ Temperatura oscila de 18 a 26°C.
 - ✓ Humedad relativa entre 85 a 95%
 - ✓ La ventilación para que la circulación de aire fresco favoreciera el descenso de la temperatura y la concentración de CO² ambiental.
 - ✓ La iluminación de 8 a 12 horas de iluminación por día.

Lo anterior se logró realizando modificaciones mínimas pero significativos como:

- ✓ Apertura puertas y ventanas, para permitir la ventilación, el descenso de la temperatura al interior de la sala de fructificación y brindando iluminación con la luz del día (no sol directo).
 - ✓ Aplicando riego que aumentó la humedad y regulando la temperatura utilizando un atomizador asperjando directamente sobre los pasteles.
- **Manejo y cuidado de pasteles sembrados:** según el tiempo (temperatura, humedad) en días calurosos se regó 3 veces al día, en días con tiempo húmedo o con baja temperatura se realizó riego 2 veces al día, esto según la percepción de humedad presente en el ambiente del módulo y considerando la ubicación.
 - **Plaga:** se observó presencia, más no invasión de colémbolos: insectos diminutos sin alas que tienen 1.5 mm de longitud, que forman pequeñas galerías secas y de sección oval en el contexto de los hongos. Destaca la especie *Hypogastruta armata*, que se alimenta de esporas del hongo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- **Control de plaga:** inicialmente se implementó medidas preventivas como eliminación de residuos, tratamiento térmico de los sustratos para eliminar huevos y larvas.
- **Enfermedades:** mínima presencia de telaraña (*Dactylium dandroides*) las cuales afectan las partes viejas forman puntos rojizos, esta enfermedad aparece con humedad excesiva, e calor y la escasa ventilación, asimismo, se presentó en por lo menos 1 pastel hongos verdes pertenecientes a los géneros *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Gliocladium*, fundamentalmente, que se caracterizan por desarrollarse preferentemente en el sustrato durante el curso de la incubación.
- **Control de enfermedades:** se disolvió una onza de cal en un litro de agua y regó en las bolsas, también aplicando agua oxigenada directamente a la parte afectada, de esta forma se detuvo la propagación de los hongos verdes.
- **Parámetros para evitar contaminación:** se utilizó mascarilla y guantes para evitar contaminación de los pasteles de hongos, se desinfectó el módulo productivo correctamente, asperjando una mezcla de cal con agua y se procuró mantener la temperatura de 20 a 30 °C para desarrollo óptimo del hongo.
- **Cosecha:** al observar la aparición de primordios a los cinco días se realizó la cosecha de hongos desarrollados. Para la cosecha, se recortó desde el estípite del carpóforo con un cuchillo previamente desinfectado con alcohol al 70 %, evitando dañar los racimos. En las dos primeras oleadas los hongos presentaron buen tamaño y numerosa cantidad de hongos, en un solo racimo 10- 40 cuerpos fructíferos. En las últimas dos oleadas se redujo el rendimiento al desarrollar cuerpos fructíferos individuales de 6 cm de diámetro dispersos en toda la bolsa, una disminución del peso fresco. El ciclo completo de proliferación y cosecha duró 65 días, en un intervalo de 14- 16 días por cada oleada, en su totalidad cuatro oleadas durante todo el ciclo productivo, lo anterior contribuyó para la caracterización de comportamiento y desarrollo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- **Caracterización de comportamiento, rendimiento y tamaño de cuerpos fructíferos:** se registró la expansión de la semilla durante el proceso de incubación y fructificación, para proceder a la medición de carpóforos desarrollados, asimismo el pesaje para conocer el rendimiento.
- **Costos de producción:** se llevó un registro de la inversión realizada para cuantificar la rentabilidad de la producción.
- **Recopilación de información, análisis y resultados:** en la fase final de experimentación se contempló el registro constante de las actividades de análisis de laboratorio para conocer características para su posterior análisis y discusión, que sirvieron para la redacción de resultados y presentación del informe final.
- **Campaña de divulgación y promoción de los resultados de la investigación:** se realizó reunión de promoción y divulgación de los resultados con instituciones gubernamentales y grupos organizados para la transferencia de tecnología, generando un documento informativo tipo manual de producción de hongo y recetario como materiales de difusión.
- **Presentación de informe final:** se redactó el informe final con las especificaciones solicitadas por la DIGI-USAC, asimismo informes al Consejo Directivo del CUNOC, representantes de DICUNOC, autoridades de DCyT del CUNOC, finalmente se elaboró un artículo científico para ser presentado a una revista indexada, proponiendo inicialmente a la revista “Ciencia, Tecnología y Salud de la Dirección General de investigación.” Y otros medios como Kitzia, órgano informativo de la DCyT.

9.1 Diseño completamente al azar

Debido al enfoque cuantitativo de la presente investigación, la información se obtuvo a partir de los resultados experimentales de la producción de inóculo en el laboratorio de Ciencia y Tecnología, seguidamente en los módulos de producción establecidos en los municipios, con la intencionalidad de presentar resultados congruentes y actualizados.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Se trabajó bajo condiciones controladas, utilizando el diseño experimental completamente al azar; “Es uno de los más sencillos y se origina por la asignación aleatoria de tratamientos a un conjunto de unidades experimentales previamente determinadas” (Paz, 2014). A este diseño se le ha catalogado como exclusivo de invernaderos y laboratorios por las condiciones homogéneas.

Siendo el Modelo lineal estadístico: $Y_i = \mu + T_i + E_i$

En donde:

- Y_i Variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental.
- μ Efecto de la media general
- T_i Efecto del i -ésimo tratamiento.
- E_i Error experimental del tratamiento i

9.2 Tratamientos y repeticiones

Los tratamientos incluyeron dos muestras de hongos, procedentes de Quetzaltenango y Totonicapán, implementados en cuatro medios de cultivo, siendo estos:

- Agar dextrosa papa (PDA) que comercialmente se encuentran en distribuidoras de insumos de laboratorio.
- Agar dextrosa y papa utilizando el método artesanal, el cual requirió hervir 200 g de rebanadas de papa sin pelar en 1 lt de agua destilada, filtrar y mezclar con Dextrosa, agar, agua destilada para revolver hasta disolver. (Montenegro & Stuardo, 2021).
- Agar Extracto de Malta (EMA), medio utilizado para aislamiento y crecimiento de hongos comestibles, debido a la concentración de nutrientes, azúcares y extracto de malta que favoreció el desarrollo vigoroso y rápido del micelio, germinación de esporas y expansión micelial. Zeryakis et al., (2001).
- Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), específicamente para el crecimiento de hongos ya que inhiben la contaminación bacteriana a causa de su bajo pH. (Montenegro & Stuardo, 2021).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

A continuación, se describen las técnicas e instrumentos que se requirieron para la ejecución:

- **Análisis documental:** proceso que vinculó la actualización y procedencia confiable de información relevante, a través de fuentes de revistas, artículos, informes científicos e indexados, como fuentes de información primaria.
- **Plan de trabajo:** la estructuración del documento de planificación incluyó un orden circunstanciado de actividades a desarrollar, integradas en el cronograma para definir y distribuir responsabilidades específicas, según integrantes del proyecto.
- **Socialización de información:** se socializó el protocolo de investigación a diferentes instituciones, autoridades de organizaciones gubernamentales e institucionales y municipios relacionados con la investigación, en donde se promovió la importancia de alternativas de producción sustentable, por medio de la siembra y consumo del hongo *P.ostreatus*.
- **Adecuación de áreas de trabajo:** en el laboratorio ambiental se desarrolló actividades de adecuación y desinfección de espacio para la instalación de equipo e instrumentos útiles. Los módulos experimentales de producción se acondicionaron según el contexto de los municipios de Quetzaltenango permitiendo condiciones óptimas para el desarrollo del hongo.
- **Observación experimental:** esta técnica fue útil para la caracterización y se implementó durante todo el proceso experimental, pues se contempló el desarrollo del inóculo bajo condiciones controladas.
- **Bases de datos:** se realizó y actualizó una base de datos constante, incluyendo información que se obtuvo en los diferentes momentos del experimento, inclusive en el establecimiento de los módulos de producción experimental.
- **Análisis e interpretación de resultados:** el análisis de información se realizó de acuerdo con las variables especificadas, se utilizaron instrumentos como cámaras fotográficas, fichas de registro, base de datos y programa estadístico INFOSTAT, hojas de cálculo en Excel.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

9.3 Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Tabla 1 Operacionalización de variables

No.	Objetivos específicos	Variables o unidades de análisis	Forma de medición, clasificación o cualificación
1	<p>Evaluar medios de cultivo para la reproducción del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>), utilizando el método de aislamiento por tejido en el laboratorio de la DCyT, CUNOC, Quetzaltenango.</p>	<p>Procedencia del hongo para reproducción</p> <p>Aislamiento por tejido</p> <p>Medios de cultivo</p>	<p>Elección del hongo (tamaño, color, apariencia) Coloración y visualización microscópica de estructura de micelio (reporte)</p> <p>Análisis de varianza (ANDEVA) para conocer el grado de significancia entre la relación de los sustratos y propagación de micelio.</p> <p>Caracterización de propagación de micelio: Cantidad de días para adaptabilidad de crecimiento de hongo en los diferentes sustratos. Color, densidad (mayor o menor) textura (algodonosa, aterciopelada, otra).</p>
2	<p>Establecer el rendimiento de la producción del inóculo del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) a través de módulos experimentales en municipios de Quetzaltenango.</p>	<p>Comportamiento</p> <p>Rendimiento</p> <p>Tamaño de cuerpos fructíferos</p>	<p>Eficiencia biológica (EB%) se determina y expresa en porcentaje, la relación entre el peso fresco en gramos, de los hongos producidos y el peso del sustrato seco en gramos. (Vega & Franco 2013)</p> <p>$[EB (\%) = (\text{peso de hongos frescos} / \text{peso del sustrato seco}) * 100\%$</p> <p>Tasa de producción (TP): se determinó mediante la relación del porcentaje de eficiencia biológica entre el número total de días del proceso $[TP= EB (\%) /$</p>

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

			número de días del proceso]. (Vega & Franco 2013) Tamaño de los cuerpos fructíferos: Se realizó una cosecha individual de cada bolsa, para medir y clasificar los hongos, de acuerdo con el siguiente formato: A: hongos menores de 5 cm B: hongos entre 5-10 cm y hongos C: mayores a 10 cm.
3	Establecer la rentabilidad de la producción del inóculo del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) a través de módulos experimentales en municipios de Quetzaltenango.	Rendimiento Costos Rentabilidad	El total cosechado de los cuerpos fructíferos por bolsa se clasificó por tamaño y pesado. Costos de producción por tratamiento Costos de producción en módulos experimentales Rentabilidad del ejercicio

Nota. Se presenta los objetivos específicos del proyecto de investigación, desglosando las variables evaluadas y métodos de medición y cuantificación para la recopilación de datos.

9.4 Procesamiento y análisis de la información

Al ser una investigación cuantitativa se utilizaron métodos y técnicas de análisis estadístico, a través de ANOVA obtenido del programa estadístico INFOSTAT, con 95 % de confiabilidad y nivel de significancia para comprobación de hipótesis. Además, se utilizó instrumentos y técnicas para la organización de la información que facilitó el análisis y discusión de resultados, tales como fichas de registro, base de datos en hojas de cálculo Excel.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Coherencia de la propuesta de investigación

Tabla 2 Coherencia de la propuesta de investigación

Objetivos específicos	Métodos, técnicas, instrumentos	Resultados y aportes esperados
Evaluar medios de cultivo para la reproducción del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>), utilizando el método de aislamiento por tejido en el laboratorio de la DCyT, CUNOC, Quetzaltenango y Totonicapán.	Observación Caracterización de micelio Tasa de crecimiento radial ANOVA	Identificación de tipo de medio de cultivo adecuado y procedencia del hongo. Caracterización del desarrollo y expansión del inóculo. Producción de inóculo del hongo Evaluación de metodología para la obtención de inóculo del hongo. Análisis de varianza de las variables cuantitativas. Observación y caracterización de micelio
Establecer el rendimiento de la producción del inóculo del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) a través de módulos experimentales en municipios de Quetzaltenango.	Eficiencia biológica (EB%) Tasa de producción (TP) Tamaño de los cuerpos fructíferos Valor nutricional Contenido de minerales (Vega & Franco 2013)	Transferencia de tecnología Rendimiento de producción Vinculación con epesistas para la extensión universitaria
Establecer la rentabilidad de la producción del inóculo del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) a través de módulos experimentales en municipios de Quetzaltenango.	Rentabilidad	Datos de rentabilidad de producción de hongos en módulo experimental.

Nota. Descripción de objetivos específicos incluyendo los métodos e instrumentos utilizados en el proceso de obtención de información y especificaciones de los resultados esperados.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

10. Resultados y discusión

En el laboratorio de la DCyT, CUNOC, se llevó a cabo el aislamiento por tejido del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), utilizando muestras provenientes de zonas boscosas en los recorridos realizados con el equipo de investigación en los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán. Como parte del proceso de reproducción se observó el comportamiento de los tejidos en los distintos medios de cultivo con el fin de identificar su adaptación y desarrollo en un ambiente controlado.

Los medios utilizados para el aislamiento incluyeron agares comerciales y un medio artesanal, entre los comerciales se trabajó con Agar Extracto de Malta (EMA), Agar Sabouraud Dextrosa (SDA) y Papa Dextrosa Agar (PDA), además se preparó un medio artesanal a base de papa. En cada tratamiento se monitoreó y verificó el comportamiento del micelio en cuanto a su capacidad de adaptabilidad, colonización, densidad, textura y tiempo de crecimiento.

En el seguimiento y monitoreo del diseño experimental completamente aleatorio con 48 unidades experimentales, se evidenció variaciones en respuesta a los tejidos insertos en los medios de cultivo, siendo influenciados por la procedencia de la muestra, el grado de adaptación previa y las condiciones inocuas del laboratorio. Se destaca que el medio de cultivo EMA permitió el desarrollo del tejido proveniente de Quetzaltenango, debido a que se observó un crecimiento denso, siendo característico de una buena consistencia, por otra parte, el medio de cultivo SDA, presentó un desarrollo positivo para el tejido de Totonicapán, identificado por una colonización y propagación rápida y uniforme, es decir, que el crecimiento en la caja petri fue homogénea. En cuanto a los medios de cultivo PDA y artesanal a base de papa, el comportamiento fue similar, demostrando un crecimiento más lento que los anteriores, sin embargo, una susceptibilidad mayor a contaminación por agentes externos es por ello que, el comportamiento y crecimiento de las combinaciones de medios de cultivos respecto a los tejidos, es influenciado por el origen, estado de domesticación y condiciones del laboratorio.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas en la tasa de crecimiento diario del micelio según el medio de cultivo empleado, siendo PDA el que presentó el mayor crecimiento con 2.71 cm/día para el hongo proveniente de Totonicapán, aunque su vulnerabilidad a la contaminación lo vuelve menos apropiado para la obtención de la cepa madre, por el contrario SDA y EMA mostraron tasas de crecimiento de 2.13 cm/día y 2.36 cm/día, respectivamente, con una menor susceptibilidad a la contaminación y propiedades morfológicas adecuadas para la producción de inóculo. Para el caso del hongo proveniente de Quetzaltenango, el medio de cultivo EMA probó ser el método más eficiente con 1.08 cm/día y una mayor densidad micelial en ocho días, mientras que PDA y SDA fueron menos efectivos.

En el análisis de varianza se comprobó que los medios de cultivo PDA y SDA resultaron en micelios más compactos, mientras que el medio de cultivo EMA produjo micelio menos denso. La susceptibilidad de PDA a la contaminación limitó su aplicación en una producción mayor de inóculo.

El análisis realizado permitió identificar patrones de adaptación y comportamiento que pueden orientar y sugerir otros estudios o ensayos de reproducción del hongo ostra, considerando las adecuadas características para la selección tejidos y uso de medios de cultivo que optimicen y garanticen el desarrollo eficiente de los tejidos, incluyendo las primeras etapas del cultivo.

Se implementó la producción de hongo ostra en el departamento de Quetzaltenango a través de módulos experimentales establecidos en tres municipios seleccionados con las condiciones idóneas para la producción de los pasteles productivos. Los espacios funcionaron para determinar el rendimiento del inóculo producido en laboratorio y evaluar la viabilidad y rentabilidad del mismo, además de observar el comportamiento, tamaño de los carpóforos desarrollados en las diferentes comunidades.

Con el inóculo obtenido a partir de las cepas aisladas en los medios de cultivo y el proceso de traslado a un sustrato previamente esterilizado, mediante las medidas de asepsia para evitar contaminaciones se alcanzó la obtención de micelio viable y vigoroso el cual fue entregado a



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

productores de las diferentes comunidades para realizar el proceso de siembra en pasteles productivos.

Se realizó el proceso de preparación, desinfección y siembra de pasteles productivos en los diferentes módulos experimentales con el fin de evaluar los días de adaptabilidad, crecimiento, desarrollo, comportamiento, formación de primordios y la morfología de los carpóforos, tomando en cuenta los cuidados y el control de agentes contaminantes, además de factores externos como la humedad, temperatura, ventilación e iluminación según la ubicación de los diferentes módulos productivos.

La obtención de producto, identificado como rendimiento del inóculo se relaciona directamente con el tipo de cepa utilizada y su grado de adaptación al medio de cultivo inicial en laboratorio, desde ahí se observó un desarrollo y adaptabilidad aceptable, por lo que se destaca que los inóculos provenientes de cepas previamente domesticadas y cultivadas en medios eficientes, en donde el desarrollo fue adecuado y sin contaminación, tal es el caso del Agar Extracto de Malta (EMA), presentaron una propagación más rápida y desarrollo más uniforme en el sustrato, conocido como olote, por el contrario, los inóculos desarrollados en medios menos favorables y en donde la contaminación se presentó prematuramente el crecimiento en olote se detonó más lento y con menor capacidad de fructificación, dando una escasa cosecha de cuerpos fructíferos.

En los módulos de producción fue observable que, si bien la densidad del inóculo influye en el proceso de colonización, el factor que también es relevante para alcanzar una carga productiva es la cantidad y calidad de sustrato con disponibilidad de lignocelulosa, disponible para cada pastel productivo de hongo ostra. Por lo tanto, las bolsas con mayor volumen de sustrato son una fuente de reserva de nutrientes para el adecuado desarrollo del micelio y para una producción óptima de carpóforos.

Para el análisis de rentabilidad como herramienta de viabilidad económica, se consideró la producción obtenida en los módulos experimentales establecidos en municipios de Quetzaltenango. Los módulos productivos implementados permitieron estimar que, por cada



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

paquete de 230 gramos, aproximadamente media libra de semilla se inocula la cantidad de dos bolsas o pasteles productivos. En cada módulo establecido se inocularon 25 pasteles productivos con fines de evaluar la rentabilidad de la actividad. Se observó que los pasteles productivos inician la proliferación y desarrollo de primordios a los 30 días después de la siembra, en un intervalo de 15 días respectivamente se realizan las cosechas de cada oleada, variando entre 3 o 4 oleadas por pasteles, en cada oleada se cosecha hasta una libra de hongos frescos, es importante resaltar que por cada oleada el rendimiento de los carpóforos se reduce, por tanto, en un ciclo completo se alcanza una cosecha de 2-3 libras de hongos frescos por pastel productivo, las cuales se llegan a comercializar a un precio de Q 30.00 por cada libra.

El establecimiento de módulos experimentales demostró que usando los recursos locales y con el manejo óptimo de asepsia, riego y condiciones adecuadas de humedad, temperatura y ventilación se logra un aprovechamiento máximo de la producción de hongos ostra.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

10.1 Rendimiento de la producción del inóculo de hongo ostra en módulos experimentales ubicados en municipios de Quetzaltenango.

Tabla 3 Monitoreo de diseño experimental, Totonicapán

TABLA DE MONITOREO DE CRECIMIENTO MICELIAL DE MEDIOS DE CULTIVO CON INÓCULO PROCEDENTE DE TOTONICAPÁN									
Fecha de monitoreo	16/01/25	17/01/25	18/01/25	19/01/25	20/01/25	21/01/25	Total crecimiento micelial cm	Total días de desarrollo	Promedio diario de crecimiento micelial cm
Cantidad de días de monitoreo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6			
T1PDA	2.4	5.1	1.00				8.50	3	2.83
T1PDA	3.6	3.7	1.2				8.50	3	2.83
T1PDA	4.1	2.9	1.5				8.50	3	2.83
T1PDA	4.4	2.6	1.5				8.50	3	2.83
T1PDA	3.5	2.2	2.5	0.3			8.50	4	2.13
T1PDA	3.5	2.7	2.3				8.50	3	2.83
T2PDAA	4	1.4	0.7	0.1	0.8	0.1	7.10	6	1.18
T2PDAA	3	2.8	0.5	0.2	0.5	0.2	7.20	6	1.20
T2PDAA	3.4	2.4	0.7	0.1	0.9	0.1	7.60	6	1.27
T2PDAA	3.5	2.5	1.1	0.2	0.5	0.1	7.90	6	1.32
T2PDAA	3	3.3	0.4	0.2	0.2	0.2	7.30	6	1.22
T2PDAA	3.5	3.2	0.7	0.1	0.3	0.2	8.00	6	1.33

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

T3SB	4.5	2.2	0.7	1.1			8.50	4	2.13
T3SB	3.5	2.1	2.1	0.8			8.50	4	2.13
T3SB	4.3	2.4	0.9	0.9			8.50	4	2.13
T3SB	3.3	1.8	2.3	1.1			8.50	4	2.13
T3SB	4.2	2.4	1.1	0.8			8.50	4	2.13
T3SB	4.4	2	1.6	0.5			8.50	4	2.13
T4MT	4.7	1.3	2.5				8.50	3	2.83
T4MT	4.6	2	1.9				8.50	3	2.83
T4MT	3.9	1.4	2.7	0.5			8.50	4	2.13
T4MT	4	2.6	0.5	1.4			8.50	4	2.13
T4MT	4.5	1.8	0.7	1.5			8.50	4	2.13
T4MT	4.5	1.5	1.3	1.2			8.50	4	2.13

Nota. Se presenta el resumen que evidencia los tratamientos relevantes de desarrollo respecto a cantidad de días, el tratamiento T1PDA: tejido de Totonicapán con Papa Dextrosa Agar (PDA), muestra una adaptación y crecimiento rápido, puesto que 5 de las repeticiones desarrollaron en 3 días alcanzando el crecimiento total de la caja Petri de 8.50 cm de diámetro a excepción de 1a repetición que completó su desarrollo a los 4 días, la tasa promedio diario es de 2.83 cm/día. El tratamiento T2PDAA: tejido de Totonicapán con papa utilizando el método artesanal, la cepa desarrollo en 6 días con un crecimiento micelial que oscila entre los 7 cm y una tasa promedio diario de 1.25 cm/día. T3SB: tejido de Totonicapán con Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), se observó crecimiento total de 8.50 cm de las 6 repeticiones en 4 días y una tasa promedio de 2.13 cm/día. T4MT: tejido de Totonicapán con Agar Extracto de Malta (EMA), muestra que 2 de las repeticiones alcanzaron su desarrollo óptimo en 3 días con una tasa promedio de 2.83 cm/día, a diferencia de las siguientes 4 repeticiones alcanzaron el crecimiento total de 8.50 cm en 4 días y una tasa promedio de 2.13 cm/día.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 4 *Monitoreo de Diseño Experimental, Quetzaltenango*

TABLA DE MONITOREO DE CRECIMIENTO MICELIAL DE MEDIOS DE CULTIVO CON INÓCULO PROCEDENTE DE QUETZALTENANGO												
Fecha de monitoreo	16/01/25	17/01/25	18/01/25	19/01/25	20/01/25	21/01/25	22/01/25	23/01/25	25/01/25	Total crecimiento micelial cm	Total días de desarrollo	Promedio diario de crecimiento micelial cm
Cantidad de días de monitoreo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 10			
Q5PDA	0	2.3	0.3	0.2	0.7	0.5	1	0.6	0.8	6.4	9	0.71
Q5PDA	0	3.1	0.2	0.3	0.8	0.3	0.3	0.4	0.6	6	9	0.67
Q5PDA	0	2.8	0.2	0.3	0.5	0.4	0.4	0.9	0.9	6.4	9	0.71
Q5PDA	0	3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.9	0.9	6.5	9	0.72
Q5PDA	0	3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.7		5.4	7	0.77
Q5PDA	0	3.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	0.5	0.3	6.3	9	0.70
Q6PDAA	0	3.8	0.2	0.4	1	0.4	0.7	0.7	0.2	7.4	9	0.82
Q6PDAA	0	2.7	0.3	0.4	0.7	0.7	0.9	0.9	0.4	7	9	0.78
Q6PDAA	0	3.6	0.2	0.3	0.2	0.3	1.1	0.6	0.7	7	9	0.78
Q6PDAA	0	3.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3			4.7	6	0.78
Q6PDAA	0	2.6	0.8	0.4	0.6	0.4	0.2	0.7	1	6.7	9	0.74
Q6PDAA	0	2.7	0.2	0.1	0.1	0.8	0.2	0.3		4.4	7	0.63

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Q7SB	0	2.6	0.6	0.5	0.8	0.1	0.6	1.2	0.2	6.6	9	0.73
Q7SB	0	3.7	0.3	0.5	1.1	0.6	1.4	0.9		8.5	7	1.21
Q7SB	0	3.8	0.4	0.5	1.5	0.3	0.4	0.4	1.2	8.5	9	0.94
Q7SB	0	3.6	0.3	0.7	1.2	0.3	0.5	1.2	0.7	8.5	9	0.94
Q7SB	0	3.4	0.4	0.8	0.5	0.5	0.5	0.4	1.1	7.6	9	0.84
Q7SB	0	3.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.7	0.8	6.3	9	0.70
Q8MT	0	2.8	0.8	0.6	0.8	0.8	1	1	0.7	8.5	9	0.94
Q8MT	0	3.8	0.7	0.5	0.7	0.2	0.7	0.3	1.6	8.5	9	0.94
Q8MT	0	2.8	0.7	0.4	1.5	0.2	1	1.3	0.6	8.5	9	0.94
Q8MT	0	3.1	1.6	0.8	1	0.2	0.6	1.2		8.5	7	1.21
Q8MT	0	2.8	1.4	0.7	1	0.9	0.5	1.2		8.5	7	1.21
Q8MT	0	2.7	0.8	0.9	1.3	0.9	1.4	0.5		8.5	7	1.21

Nota. Se observan datos de desarrollo de 0 cm en el primer día de monitoreo en todos los tratamientos y repeticiones con el tejido de Quetzaltenango, del tratamiento Q5PDA: tejido de Quetzaltenango con Papa Dextrosa Agar (PDA), 5 de las repeticiones desarrollaron en 9 días sin alcanzar el crecimiento total de la caja Petri, con un diámetro que oscila entre 5- 6.5 cm, la repetición restante a los 7 días detuvo su crecimiento sin completar la caja Petri con tasas promedio de crecimiento diario de 0.70 cm/día. Q6PDAA: tejido de Quetzaltenango con papa utilizando el método artesanal, se observan 4 repeticiones que en 9 días alcanzaron un crecimiento micelial que oscila entre los 6.7- 7.4 cm con una tasa promedio diario de 0.82- 0.78 cm/día, las dos repeticiones restantes a los 6 y 7 días respectivamente, existió suspensión de crecimiento en todos los tratamientos con el método artesanal, puesto que completaron su desarrollo en las cajas petri. Q7SB: tejido de Quetzaltenango con Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), se observan que 3 de las repeticiones alcanzaron su desarrollo óptimo de 8.50 cm en 7 y 9 días con una tasa promedio de 1.21 cm/día y 0.94 cm/día, las siguientes 3 repeticiones no alcanzaron el crecimiento total con crecimientos micelial de 6.3, 6.6 y 7.6 cm en 9 días y una tasa promedio de 0.70 cm/día, 0.73 cm/día y 0.84 cm/día. Q8MT: tejido de Quetzaltenango con Agar Extracto de Malta (EMA), muestra que 3 de las repeticiones alcanzaron su desarrollo óptimo en 7 días con una tasa promedio de 1.21 cm/día, a diferencia de las siguientes 3 repeticiones que alcanzaron el crecimiento total de 8.50 cm en 9 días y una tasa promedio de 0.94 cm/día.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

10.2 Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento micelial cm di..	48	0.95	0.94	12.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26.38	7	3.77	108.46	<0.0001
Tratamientos	26.38	7	3.77	108.46	<0.0001
Error	1.39	40	0.03		
Total	27.77	47			

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.2289

Error: 0.0347 gl: 40

Tratamientos Medias n E.E.

T1PDA	2.71	6	0.08	A
T4MT	2.36	6	0.08	B
T3SB	2.13	6	0.08	C
T2PDAA	1.25	6	0.08	D
Q8MT	1.08	6	0.08	D
Q7SB	0.89	6	0.08	E
Q6PDAA	0.76	6	0.08	E
Q5PDA	0.71	6	0.08	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El coeficiente de variación da una idea de la precisión del experimento, a un valor alto de CV corresponde un alto error experimental, lo cual indica que existe poca capacidad del experimento para detectar diferencias significativas entre los tratamientos (López & González, 2018). El coeficiente de variación representa un porcentaje de 12.53 lo que demuestra que el diseño se realizó con los parámetros y variables requeridas a evaluar, indica que los datos del diseño experimental son confiables y aceptables en el estudio.

De acuerdo con López & González, (2018) sí el valor observado de F (F_o) es superior al valor crítico $F_{(\alpha; t-1; \tau (r-1))}$, la H_0 es rechazada, por lo tanto, se indica que existen diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos. En el cuadro de análisis de la varianza, el valor <0.0001 indica la alta diferencia significativa que existe entre los tratamientos al presentar 5 grupos estadísticos de los 8 tratamientos evaluados.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

10.3 Análisis de varianza de medios de cultivo con inóculo procedente de Totonicapán.

El crecimiento micelial del hongo *Pleurotus ostreatus* evaluados durante 9 días presentan diferencias significativas entre sí. Se observa promedios de crecimiento diario por tratamiento de 2.71, 2.36, 2.13, 1.25 y 0.89 conformando 5 grupos en total. En el agar Papa Dextrosa Agar (PDA) se observa un desarrollo del tejido del hongo *Pleurotus ostreatus* de Totonicapán con una tasa diaria de 2.71 cm/día, lo que representa una reproducción y crecimiento diario positivo, al invadir completamente la unidad experimental en 3 días, resultado favorable con un crecimiento robusto en un lapso corto. Los datos analizados en el programa estadístico INFOSTAT el medio de cultivo adecuado para reproducir el tejido de Totonicapán es Papa Dextrosa Agar (PDA), al observar mayor densidad, abundante y robusta con una textura algodonosa en 3 días posterior a la inoculación de los fragmentos. Sin embargo, la susceptibilidad a contaminación de agentes externos y a la manipulación constante es alta.

El medio de cultivo Agar Extracto de Malta (EMA), alcanzó el desarrollo total del tejido de Totonicapán en 4 días, con textura vellosa, una densidad de micelio menor y escasa. Su desarrollo y crecimiento radial fue en corto tiempo, pero su densidad no viable para su reproducción, al no ser robusta y abundante, lo que dificulta la colonización del sustrato. Según el análisis estadístico basándose en la tasa de crecimiento diario de 2.36 cm/día es el segundo agar con una mayor adaptabilidad y velocidad en el crecimiento micelial, no obstante, su desarrollo no es robusto lo que dificulta la reproducción de inóculo en la segunda fase de invasión al maicillo.

El medio de cultivo Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), durante 4 días alcanzó el desarrollo y la colonización completa del tejido de Totonicapán en la caja petri con las características siguientes: mayor densidad, abundante y robusta con una textura algodonosa. De acuerdo con el análisis estadístico el agar SDA conforma el grupo estadístico C, con una tasa de crecimiento diario de 2.13 cm/día, su variación únicamente es un día más de desarrollo.

El medio de cultivo artesanal a base de papa a los 6 días de la siembra de fragmentos de Totonicapán detuvo su crecimiento, sin alcanzar el desarrollo total de las cajas petri con una tasa de crecimiento de 1.25 cm/día, a diferencia de los demás agares los días de adaptabilidad duraron

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

más, con una densidad menor y escasa, textura algodonosa. Según el programa estadístico INFOSTAT conforma el cuarto grupo estadístico, de acuerdo con sus características morfológicas, su densidad no es viable para su reproducción, además de la consistencia líquida que dificulta el manejo de la unidad experimental. Como una alternativa económica la preparación del medio de cultivo es accesible, con la salvedad que su desarrollo y crecimiento es escaso, susceptible a contaminaciones durante el manipuleo de las cajas Petri por la consistencia.

10.4 Análisis de varianza de medios de cultivo con inóculo procedente de Quetzaltenango.

El medio de cultivo adecuado para reproducir el tejido de Quetzaltenango es Agar Extracto de Malta (EMA), al observar mayor densidad, abundante y robusta con una textura algodonosa en 8 días posterior a la inoculación de los fragmentos. Su desarrollo y crecimiento radial en poco tiempo, ideal para reproducción del hongo de Quetzaltenango. Basados en el análisis estadístico con una tasa de crecimiento diario de 1.08 cm/día, muestra la adaptabilidad y desarrollo favorable en menos días, comparándolos con los resultados obtenidos en los diferentes agares evaluados con el mismo tejido, se aprecia mayor crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* y menor susceptibilidad a los agentes contaminantes, por tanto, es el mejor medio de cultivo para reproducir el hongo de Quetzaltenango.

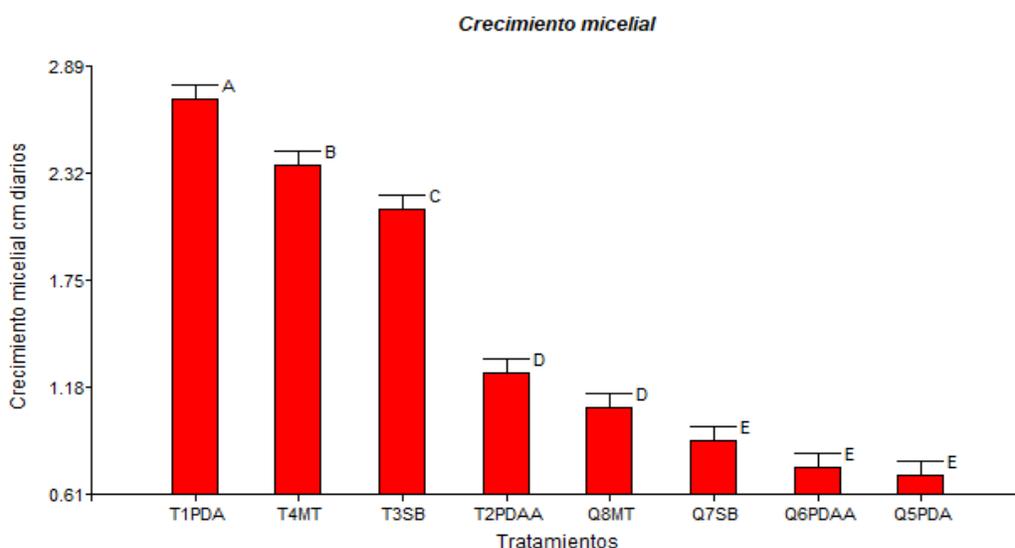
El medio de cultivo Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), durante 10 días alcanzó el desarrollo óptimo en las cajas petri, presentando una densidad mayor, robusta y abundante, una textura algodonosa. A diferencia del Agar Extracto de Malta, el medio de cultivo tardó dos días más en colonizar completamente, presentando las mismas características. Con una tasa de crecimiento diario de 0.89 cm/día, conforma el grupo estadístico E, juntamente con el agar artesanal y el medio Papa Dextrosa Agar (PDA) al no presentar diferencia significativa entre cada uno.

El medio de cultivo artesanal a base de papa y el medio Papa Dextrosa Agar (PDA), presentaron resultados similares. La adaptabilidad del tejido en los medios duró 10 días, la densidad menor y escasa, poco abundante, sin completar las cajas petri en su totalidad. No son viables para la reproducción del hongo de Quetzaltenango, debido al crecimiento lento y a sus características de colonización. El Agar PDA es susceptible a contaminación lo que dificulta la obtención de micelio

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

vigoroso y robusto. El medio de cultivo artesanal a base de papa su crecimiento es lento y poco robusto, al ser un medio en estado líquido se dificulta la manipulación y es susceptible a contaminación.

Figura 1 Producción de inóculo del hongo ostra y transferencia, Quetzaltenango



Nota. Se observan diferentes grupos estadísticos, resaltando los tratamientos para el tejido de Totonicapán por la capacidad de invadir en tiempos cortos durante el período de incubación, resultado de mejores tasas de crecimiento. Seguidamente los tratamientos con el tejido de Quetzaltenango con desarrollo lento como resultado del uso de una cepa madura y una adaptabilidad más lenta en días, lo cual es relevante en el desarrollo con tasas menores.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

10.5 Caracterización de tratamientos según análisis de varianza

Tabla 5 Caracterización de colonización del micelio

Caracterización de colonización del micelio					
Tratamiento	Color	Densidad	Días de adaptabilidad	Textura	Fotografía
T1PDA	Blanco	Mayor (Robusto)	3 días	Algodonoso	
T2PDAA	Blanco	Menor (Escaso)	6 días	Algodonoso	

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

T3SB	Blanco	Mayor (Robusto)	4 días	Algodonoso	
T4MT	Blanco	Menor (Escaso)	4 días	Velloso	

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

<p>Q5PDA</p>	<p>Blanco</p>	<p>Menor (Escaso)</p>	<p>10 días</p>	<p>Aterciopelado en los fragmentos del tejido inoculado. Algodonoso alrededor.</p>	
<p>Q6PDAA</p>	<p>Blanco</p>	<p>Menor (Escaso)</p>	<p>10 días</p>	<p>Velloso</p>	

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Q7SB	Blanco	Mayor (Robusto)	10 días	Algodonoso	
Q8MT	Blanco	Mayor (Robusto)	8 días	Algodonoso	

Nota. El tratamiento TIPDA muestra una densidad robusta con menor vigorosidad en el desarrollo de la cepa en cajas petri, completando su crecimiento total en 3 días con textura algodonosa con repeticiones homogéneas en características morfológicas. T2PDAA se observa en la fotografía una densidad escasa, crecimiento lento durante 6 días de monitoreo, su textura algodonosa poco robusta, sin completar el desarrollo. T3SB muestra un desarrollo robusto y homogéneo en todas las repeticiones en 4 días de incubación, cepa vigorosa y

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

algodonosa, ideal para la reproducción de *P. ostreatus* procedente de Totonicapán. T4MT con un desarrollo escaso. Comparado con T3SB en días de adaptabilidad y desarrollo, pero con diferencias notorias en crecimiento y comportamiento en sus características morfológicas. Q5PDA muestra una densidad escasa prolongada durante 10 días de monitoreo, textura aterciopelada en los fragmentos del tejido inoculado y algodonoso alrededor, susceptible a contaminaciones. Q6PDAA con una densidad escasa, vellosa pero poco robusta durante 10 días completando su desarrollo óptimo en algunas repeticiones. Q7SB durante 10 días alcanzó el desarrollo óptimo en las cajas petri, presentando una densidad mayor, robusta y abundante, una textura algodonosa. Q8MT, medio ideal para la reproducción del tejido de Quetzaltenango al visualizar mayor densidad, abundante y robusta con una textura algodonosa en 8 días posterior a la inoculación de los fragmentos.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

10.6 Análisis de cosecha en los módulos experimentales

Los módulos experimentales se realizaron en 3 municipios: Palestina de Los Altos, Quetzaltenango y Colomba Costa Cuca, a continuación, se presentan los datos obtenidos en estos módulos, del peso total de hongos frescos, durante el ciclo productivo, variando entre tres y cuatro oleadas por pastel productivo, con un ciclo entre 45, 50, 60 y 65 días del proceso proliferación y cosecha.

Tabla 6 Cosecha de cuerpos fructíferos municipio de Palestina de Los Altos

COSECHA DE CUERPOS FRUCTÍFEROS				
No. Bolsa	Peso total de hongos frescos en gramos	Peso total de hongos frescos en libras	Costo/ libra de hongos frescos Q	Precio total/venta Q
1	1360	3.00	Q30.00	Q90.00
2	1088	2.40	Q30.00	Q72.00
3	998	2.20	Q30.00	Q66.00
4	1325	2.92	Q30.00	Q87.60
5	905	2.00	Q30.00	Q60.00
6	738	1.63	Q30.00	Q48.90
7	1088	2.40	Q30.00	Q72.00
8	1435	3.16	Q30.00	Q94.80
9	1360	3.00	Q30.00	Q90.00
10	1450	3.20	Q30.00	Q96.00
11	907	2.00	Q30.00	Q60.00
12	1360	3.00	Q30.00	Q90.00
13	1133	2.50	Q30.00	Q75.00
14	1088	2.40	Q30.00	Q72.00
15	1360	3.00	Q30.00	Q90.00
16	1435	3.16	Q30.00	Q94.80
17	1179	2.60	Q30.00	Q78.00
18	1360	3.00	Q30.00	Q90.00

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

19	1406	3.10	Q30.00	Q93.00
20	953	2.10	Q30.00	Q63.00
21	1133	2.50	Q30.00	Q75.00
22	1325	2.92	Q30.00	Q87.60
23	1325	2.92	Q30.00	Q87.60
24	738	1.63	Q30.00	Q48.90
25	1489	3.28	Q30.00	Q98.40
TOTAL				Q1,980.60

Nota. Datos del período de cosecha en el módulo establecido en municipio de Palestina de Los Altos, recolectando un total equivalente a Q1,980.60 por la venta de hongos frescos. El peso promedio por bolsa osciló entre 738 y 1,489 gramos, con una equivalencia en libras entre 1.63 y 3.28, y un precio de venta constante de Q30.00 por libra.

Tabla 7 Cosecha de cuerpos fructíferos Municipio de Quetzaltenango

COSECHA DE CUERPOS FRUCTÍFEROS				
No. Bolsa	Peso total de hongos frescos en gramos	Peso total de hongos frescos en libras	Costo/ libra de hongos frescos Q	Precio total/venta Q
1	1455	3.21	Q30.00	Q96.30
2	1225	2.70	Q30.00	Q81.00
3	953	2.10	Q30.00	Q63.00
4	1360	3.00	Q30.00	Q90.00
5	1088	2.40	Q30.00	Q72.00
6	1325	2.92	Q30.00	Q87.60
7	998	2.20	Q30.00	Q66.00
8	907	2.00	Q30.00	Q60.00
9	1088	2.40	Q30.00	Q72.00
10	1567	3.45	Q30.00	Q103.50
11	1723	3.80	Q30.00	Q114.00

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

12	1179	2.60	Q30.00	Q78.00
13	1088	2.40	Q30.00	Q72.00
14	1360	3.00	Q30.00	Q90.00
15	907	2.00	Q30.00	Q60.00
16	1179	2.60	Q30.00	Q78.00
17	1759	3.88	Q30.00	Q116.40
18	907	2.00	Q30.00	Q60.00
19	1360	3.00	Q30.00	Q90.00
20	907	2.00	Q30.00	Q60.00
21	1225	2.70	Q30.00	Q81.00
22	1179	2.60	Q30.00	Q78.00
23	1088	2.40	Q30.00	Q72.00
24	907	2.00	Q30.00	Q60.00
25	1225	2.70	Q30.00	Q81.00
TOTAL				Q1,981.80

Nota. Datos del período de cosecha en el módulo establecido en municipio de Quetzaltenango, recolectando un total equivalente a Q1,981.80 por la venta de hongos frescos. El peso promedio por bolsa osciló entre 907 y 1,759 gramos, con una equivalencia en libras entre 2.00 y 3.88, y un precio de venta constante de Q30.00 por libra.

Tabla 8 Cosecha de cuerpos fructíferos Municipio de Colomba Costa Cuca

COSECHA DE CUERPOS FRUCTÍFEROS				
No. Bolsa	Peso total de hongos frescos en gramos	Peso total de hongos frescos en libras	Costo/ libra de hongos frescos Q	Precio total/venta Q
1	1134	2.50	Q30.00	Q75.00
2	1450	3.20	Q30.00	Q96.00
3	1539	3.39	Q30.00	Q101.70
4	1225	2.70	Q30.00	Q81.00

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

5	953	2.10	Q30.00	Q63.00
6	1434	3.16	Q30.00	Q94.80
7	907	2.00	Q30.00	Q60.00
8	1225	2.70	Q30.00	Q81.00
9	1134	2.50	Q30.00	Q75.00
10	1450	3.20	Q30.00	Q96.00
11	1179	2.60	Q30.00	Q78.00
12	1435	3.16	Q30.00	Q94.80
13	907	2.00	Q30.00	Q60.00
14	953	2.10	Q30.00	Q63.00
15	1450	3.20	Q30.00	Q96.00
16	1179	2.60	Q30.00	Q78.00
17	1134	2.50	Q30.00	Q75.00
18	1179	2.60	Q30.00	Q78.00
19	1654	3.65	Q30.00	Q109.50
20	907	2.00	Q30.00	Q60.00
21	1225	2.70	Q30.00	Q81.00
22	953	2.10	Q30.00	Q63.00
23	1134	2.50	Q30.00	Q75.00
24	907	2.00	Q30.00	Q60.00
25	1450	3.20	Q30.00	Q96.00

TOTAL

Q1,990.80

Nota. Datos del período de cosecha en el módulo establecido en municipio de Colomba Costa Cuca, recolectando un total equivalente a Q1,990.80 por la venta de hongos frescos. El peso promedio por bolsa osciló entre 907 y 1,654 gramos, con una equivalencia en libras entre 2.00 y 3.65, y un precio de venta constante de Q30.00 por libra.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

10.7 Análisis de rentabilidad de producción

Para el análisis de rentabilidad de producción de hongos ostra se consideraron algunos costos directos relacionados con la implementación de los módulos sin incluir infraestructura básica utilizada, costos de funcionamiento, mano de obra ni gastos generales, ya que se trató de un proyecto de investigación con fines académicos y demostrativos. Esta limitación permitió enfocarse en la viabilidad técnica del proceso, priorizando la evaluación de parámetros productivos y el aprovechamiento de recursos disponibles para obtener el inóculo en laboratorio, propiciando bases para próximas investigaciones que se centralicen en el tema en cuestión.

Se establecieron tres módulos experimentales. En cada módulo se implementó un ciclo de producción del hongo ostra, el cual se desarrolló en bolsas de sustrato inoculadas. Durante el proceso, se realizaron mediciones periódicas del rendimiento productivo, tomando en cuenta el peso de los cuerpos fructíferos por bolsa, los costos de los insumos utilizados para la implementación de los pasteles productivos y los ingresos obtenidos por la venta de la cosecha.

Cada uno de los tres módulos experimentales estuvo compuesto por 25 bolsas de sustrato, las cuales fueron inoculadas con hongo ostra y monitoreadas a lo largo de su ciclo de cultivo. El ciclo de producción promedio de los hongos fue de 45 días, tiempo durante el cual se registraron detalladamente los costos unitarios de los insumos utilizados, como el sustrato, el inóculo y otros materiales necesarios para la producción. Además, se realizó un seguimiento de los ingresos generados por la venta de los hongos, permitiendo analizar la rentabilidad de la producción.

Cada módulo experimental alcanzó un rendimiento promedio de 30 kg de hongos ostra, basado en el rendimiento de las 25 bolsas de sustrato por módulo. De esta manera, la producción total en los tres módulos experimentales fue de 90 kg de hongos, lo que permitió realizar un análisis más preciso de los costos, ingresos y rentabilidad asociados a la actividad productiva.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Componentes del Costo:

- **Sustratos:** Olote sano y cortado
- **Semilla:** inóculo hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)
- **Insumos adicionales:** bolsas y cal.

Análisis de Rentabilidad:

- **Ingresos:**
 - Precio de venta del inóculo en el mercado local.
 - Volumen de ventas.
- **Costos Totales:** Suma de todos los componentes de costo.
- **Beneficio Neto:** Ingresos totales menos costos totales.
- **Relación Beneficio/Costo (B/C):** Ingresos totales divididos por costos totales. Un valor mayor a 1 indica rentabilidad.

Consideraciones Adicionales:

- **Mercado Local:**
 - Demanda de inóculo de hongo ostra en Quetzaltenango.
 - Competencia.
 - Canales de distribución.
- **Tecnología:**
 - Optimización de procesos para reducir costos y aumentar la eficiencia.
 - Uso de sustratos locales y de bajo costo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 9 Costo unitario, cantidad y costo total en la producción de inóculo de hongo ostra

Concepto	Costo unitario (Q)	Cantidad	Costo total (Q)
Sustrato (olote)	5.00	25 bolsas	125.00
Inóculo	220.00	1 módulo	220.00
Insumos adicionales (bolsas, cal)	150.00	1 módulo	300.00
Total de costos en módulos			Q.645.00

Nota. Descripción de los costos por módulo con precios unitarios de la producción de inóculo que asciende a un precio de Q.645.00 tomando en cuenta los 25 pasteles productivos.

Tabla 10 Rentabilidad de producción de hongo ostra

Rentabilidad de producción de Hongo Ostra (25 bolsas)	
Concepto	Costo total
Insumos	Q. 140.00
Inóculo	Q. 75.00
Costo de producción ciclo de 45 días	Q. 186.00
Costo de mano de obra en ciclo de 45 días	Q. 750.00
Total, de costos en módulos (25 bolsas)	Q. 1,151.00// Q. 46.00 costo por bolsa
Producción por bolsa 1.2kg (2.6 libras)	
Precio de venta por libra	Q. 30.00
Rentabilidad con mano de obra	72% de rentabilidad
Total de venta de la producción (66 libras)	Q. 1,980.00
Rentabilidad solo de costos de insumos	394% de rentabilidad

Nota. Se presentan los cálculos de rentabilidad con base en una producción experimental de 25 bolsas durante un ciclo de 45 días.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

11. Beneficiarios directos e indirectos

A continuación, se presentan datos referidos a beneficiarios directos e indirectos.

Tabla 11 *Beneficiarios directos e indirectos de la investigación*

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Resultados, productos o hallazgos
Entrega de inóculo del hongo ostra	MAGA CONAP CUNOC ONGs SENACYT	5	600	Producción de hongo ostra en módulos productivos

Nota. Se detallan los beneficiarios directos e indirectos durante el proceso de ejecución de la investigación a través de transferencia de información, entrega de inóculo para producción de hongos ostra con los que se beneficiaron directamente 5 directos y 600 indirectos.

12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

Los impactos que se alcanzaron en la presente investigación se circunscriben en las dimensiones: alimentarias, nutricionales, social, académica y económica, en una combinación teórica y aplicada, puesto que, al ser una propuesta con enfoque cuantitativo, se obtuvieron datos estadísticamente comprobables, en cuanto a la producción de inóculo del hongo *P. ostreatus*, conformando una base para investigaciones con mayor amplitud, incluyendo otras variables de interés, por ello, lo anterior contempla la dimensión académica e investigativa como tal.

La dimensión social y económica, fue a través de la extensión universitaria a las comunidades y áreas rurales establecidas y priorizadas, en donde la participación de los estudiantes de la División de Ciencia y Tecnología fue prominente.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La presente investigación incluyó la entrega de los siguientes productos:

- Análisis de datos certeros, actualizados y contextualizados de la producción de inóculo del hongo (*Pleurotus ostreatus*) en laboratorio de la DCyT-CUNOC.
- Socialización de los resultados dando a conocer el mejor o los mejores sustratos para obtención de inóculo.
- Entrega de material informativo impreso y digital para su divulgación y uso investigativo.
- Vinculación con encargados de Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la DCyT-CUNOC.
- Desarrollo de capacitaciones de aprendizaje a epesistas para siembra, manejo y cosecha de micelio para su réplica a las comunidades priorizadas.
- Propuesta de actividades de extensión universitaria, asistencia técnica y de servicio para la ejecución del EPS.
- Empoderamiento y apropiación de iniciativas para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria en Guatemala.
- Apropiación de conocimientos científicamente comprobados dentro del laboratorio.
- Aplicación y desarrollo de diseño experimental.
- Fomento investigativo para que, a través de los resultados, conclusiones y recomendaciones, se direccionen investigaciones considerando otras variables.
- Presentación de análisis finales y entrega de resultados obtenidos al CUNOC y a donde corresponda.
- La producción, cosecha y transformación del hongo tipo ostra contribuyó como alternativa para la seguridad alimentaria.
- Presentaciones finales de resultados.
- Medios de comunicación promocionando los resultados.
- Socialización de información a través de materiales impresos (trifoliales, otros) donde se resume el proceso y los pasos importantes de la investigación
- Artículo científico de los resultados.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 12 *Divulgación y entrega de información del proyecto de investigación*

	Sí	No
Presentación TV		X
Entrevistas radiales		X
Podcast		X
Entrevista DIGI	X	
Recursos audiovisuales	X	
Congresos científicos nacionales o internacionales	X	
Talleres	X	
Publicación de libro		X
Publicación de artículo científico		X
Divulgación por redes sociales institucionales	X	
Presentación pública	X	
Presentación autoridades USAC	X	
Presentación a beneficiarios directos	X	
Entrega de resultados	X	
Docencia en grado	X	
Docencia postgrado		X
Póster científico	X	
Trifoliales	X	
Conferencias		X
Otro (describa)		X

Nota. Se presentan una lista de cotejo para indicar los diferentes medios utilizados para la divulgación y entrega de información del proyecto de investigación, en donde se priorizó el uso de recursos audiovisuales, participación en congresos, redes sociales institucionales, talleres, trifoliales y presentaciones públicas, teniendo como estrategias entrevistas, publicaciones académicas y presentaciones a beneficiarios, considerando la naturaleza formativa y el alcance progresivo del proyecto.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

13. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

Tabla 13 Contribución del proyecto a las prioridades nacionales de desarrollo

META	INDICADORES
Meta 2.1 Para 2030, poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas, en particular los pobres y las personas en situaciones vulnerables, incluidos los lactantes, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año.	2.1.1 Prevalencia de la subalimentación
Meta 2.2 Para 2030, poner fin a todas las formas de malnutrición, incluido el logro, a más tardar en 2025, de las metas convenidas internacionalmente sobre el retraso del crecimiento y la emaciación de los niños menores de 5 años, y abordar las necesidades de nutrición de las adolescentes, las mujeres embarazadas y lactantes y las personas de edad	2.2.2 Prevalencia de la malnutrición (peso para la estatura, desviación típica $> +2$ o < -2 de la mediana de los patrones de crecimiento infantil de la OMS) entre los niños menores de 5 años, desglosada por tipo (emaciación y peso excesivo)

Nota. Se presenta la vinculación del proyecto con las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND), específicamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 2: Hambre Cero. Se identifican las metas e indicadores relacionados con prácticas productivas sostenibles, el fortalecimiento de la seguridad alimentaria y la generación de alternativas nutricionales locales.

14. Contribución al desarrollo de iniciativas de ley

Este numeral no aplica, en virtud de la naturaleza de la investigación.

15. Vinculación

Durante la investigación se fortaleció la vinculación con sociedad civil, asociaciones y entidades gubernamentales, participando en actividades como el club de ciencia de SENACYT en coordinación con el MAGA, y colaborando con la asociación “32 volcanes” para el seguimiento de producción. Además, se promovió la articulación interna con direcciones de la USAC, especialmente a través de la DICUNOC y el EPS de la División de CyT del CUNOC, facilitando el acercamiento a comunidades donde se desarrollaron los módulos productivos.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

16. Conclusiones

Los resultados obtenidos, coadyuvan a seleccionar medios de cultivos considerando los criterios cuantitativos y cualitativos, con la intención de optimizar el proceso de producción micelial en medios controlados, por lo tanto, el aislamiento por tejido se considera como un método efectivo para la obtención de micelio viable de *Pleurotus ostreatus*, permitiendo evaluar con eficiencia los diferentes medios de cultivo. Los datos y resultados obtenidos resaltan que el desarrollo del micelio varía según el medio empleado y la procedencia del hongo, afectando tanto la tasa de crecimiento, morfología y densidad del micelio. Los medios de cultivo EMA y SDA permitieron el crecimiento micelial, estructura compacta y menor riesgo de contaminación, estableciéndolos como medios más adecuados para la propagación del inóculo en laboratorio, esta fase permitió proponer bases para próximas investigaciones con fines académicos de enfoque biotecnológico.

Los resultados obtenidos en los módulos experimentales en las localidades del departamento de Quetzaltenango (Colomba Costa Cuca, Palestina de los Altos y Quetzaltenango municipio) permitió conocer el rendimiento del inóculo del hongo ostra, propagado y producido en el laboratorio, considerando la inoculación en maicillo para posteriormente ser incorporados en pasteles productivos de xilote u olote, previamente esterilizados, dando lugar a la observación del comportamiento del micelio en campo y variables como la propagación en el sustrato, aparición de primordios, duración total del ciclo productivo, incluyendo las oleadas por módulo. El inóculo reproducido en laboratorio procedente de Totonicapán con Papa Dextrosa Agar (PDA), muestra una adaptación y crecimiento rápido, la tasa promedio diario es de 2.83 cm/día, siendo el de mejor rendimiento. E tejido de Quetzaltenango con Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), se observan que 3 de las repeticiones alcanzaron su desarrollo óptimo de 8.50 cm en 7 y 9 días con una tasa promedio de 1.21 cm/día y 0.94 cm/día. Por lo tanto, el coeficiente de variación CV representa un porcentaje de 12.53 lo que demuestra que el diseño se realizó con los parámetros y variables requeridas a evaluar, indica que los datos del diseño experimental son confiables y aceptables en el estudio. La experiencia busca colaborar con modelos replicables para la producción descentralizada de hongos comestibles, favoreciendo la sostenibilidad en contextos rurales.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Respecto a los ingresos generados por la producción, cada módulo experimental alcanzó un rendimiento promedio de 30 kg de hongos ostra, basado en el rendimiento de las 25 bolsas de sustrato por módulo. De esta manera, la producción total en los tres módulos experimentales fue de 90 kg de hongos, con un ingreso aproximado de Q 1,980.00 por 66 libras, un precio de venta por libra de Q 30.00 con una inversión inicial por módulo de Q 1,151.00 incluyendo el costo de mano de obra de Q 750.00, lo que asciende un valor de costo por bolsa de Q 46.00, representando una producción de hongo ostra aceptable.

17. Recomendaciones

- Se recomienda que producto de la experimentación e investigación efectuada por el equipo de la División de Ciencia y Tecnología del CUNOC, se establezcan acuerdos institucionales para que fomente la producción de hongo ostra y provea a estudiantes de distintas Carreras y Divisiones para que en la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado se establezcan módulos productivos y puedan estar atendidos por docentes y estudiantes de la División de Ciencia y Tecnología.
- Que el equipo investigador continúe procesos de domesticación de inóculo y reproducción de módulos productivos de hongo ostra y establezca convenios de cooperación con entidades gubernamentales y no gubernamentales para la promoción, divulgación y producción de hongo ostra y llegue a las comunidades con mayor índice de pobreza, desnutrición y carencia de alimentos.
- Que las autoridades del CUNOC realicen los trámites correspondientes para que el Laboratorio de Ciencia y Tecnología reciba un presupuesto específico para la continuidad de producción de inóculo del hongo ostra y de esa manera cumplir con el mandato institucional de la USAC y particularmente el CUNOC en temas de extensión.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Incorporar a los procesos productivos, la temática de Cambio Climático, pues el impacto de este fenómeno ambiental se resiente de manera directa en los ecosistemas forestales y con ello, en la producción y generación de especímenes propios de los territorios.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

18. Referencias

- Angulo Zubieta, F. M., Mamani Sánchez, B., & Nova Pinedo, M. (2022). Crecimiento in vitro de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en diferentes medios de cultivo: Félix Miguel Angulo Zubieta, Beatriz Mamani Sánchez, Máximo Nova Pinedo. Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria Y De Recursos Naturales, Scielo, Vol.9 ,La Paz. <https://doi.org/10.53287/yspr1253nr82s>
- CYT-CUNOC. (2017). División de Ciencia y Tecnología. Obtenido de <https://www.cytcunoc.gt/>
- Deepalakshmi K, Mirunalini S. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. J Biochem Tech. 2014; 5(2):715-726
- Delmastro et al. (2005). Manual del cultivador de hongos 1. MushWorld. Corea: MushWorld. Recuperado el 13 de 04 de 2022
- DIRECTV, C. y. (2015). ODS- Los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=345IxGgjF9s>
- Domínguez Romero, D., Vázquez Rivera, H., Reyes Reyes, B., Arzaluz Reyes, J., & Martínez Campos, A. R. (2013). AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL HONGO ECTOMICORRÍZICO *Helvella lacunosa* EN DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16(1), 51-59.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2022). Obtenido de <https://www.unicef.es/>
- France I., Andrés, Cañumir V., Juan y Cortez A., Mónica (2000) Producción de hongos ostras [*Pleurotus ostreatus*] [en línea]. Chillán, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 23. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7019> (Consultado: 11 junio 2023).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Gaitán Hernández, R., Salmones, D., Pérez Merlo, R. Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas Aislamiento, siembre y producción. Instituto de Ecología A.C, Xalapa, Veracruz, México. ISBN 970-709-042-1
- Guachamín, E. S., & Montalvo, R. X. (2021). Evaluación técnica y determinación de costos de un fructificador a pequeña escala de *Pleurotus ostreatus* como potencial emprendimiento en Quito, Ecuador. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- INE, I. N. (2022). Canasta Básica Alimentaria (CBA) Y Ampliada (CA) Febrero de 2022. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala.
- Juárez, N., I, J., Cuzcano Ruíz, Á. D., López, R., & A, W. (2019). ESTUDIO PRELIMINAR DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* CULTIVADO EN PULPA DE CAFÉ . Revista de la Sociedad Química del Perú, Perú. doi:<http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.256>.
- Khan MA, Tania M. Nutritional and Medicinal Importance of Pleurotus Mushrooms: An Overview. Food Rev Intern. 2012; 28:313-329
- López, C. y Zurita, A. Evaluación fisicoquímica y microbiológica del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) cultivado en la Providencia de Pichincha (Tumbaco) – Ecuador. Universidad de Gauyaquil. Facultad de Ciencias Químicas. BCIEQ-T-0568 (2020)
- López, E., & González, B. (2018). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Mata, G. & Salmones D. Técnica de aislamiento, cultivo y conservación de Cepas de Hongos en el laboratorio. Instituto de Ecología, A.C, Xalapa Veracruz. ISBN: 978-607-8833-00-9
- Montenegro, I., & Stuardo , C. (2021). Experiencia piloto para la propagación de hongos silvestres comestibles en el bosque nativo de la comuna de Panguilli, región de los ríos . Instituto Forestal . Chile : Fundación para la innovación agraria . Recuperado el 16 de 04 de 2022



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Montoya Barreto, S., Restrepo Franco, G. M., Tabares López, L. A., Taborda Chaurra, J., Dussan Lubert, C., González López, J., . . . Rosales Ordoñez, G. R. (2011). Revista de Investigaciones. Vol. 9, No. 14 (Sep 2009).
- Morris Quevedo, H., Llauradó Maury, G., Bermúdez Savón1., R., & Cos, P. (2018). Evaluación de la actividad inmunomoduladora de bioproductos obtenidos de la seta comestible-medicinal *pleurotus ostreatus*. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, 8(1). Recuperado de <https://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/436>
- Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado el 6 de marzo 2025
https://pnd.gt/PDF/documentospnd/ODS_Metas_priorizadas.pdf
- Nieto-Juárez, Jessica I., Cuzcano-Ruiz, Ángel D., & Reyes-López, Walter A.. (2019). Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. Revista de la Sociedad Química del Perú, 85(4), 422-431.
<https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.256>
- Noj Pajarito, J. E. (2017). Diseño de un Sistema de Producción Artesanal de Hongos Ostra (*Pleurotus Ostreatus*), Para la Asociación Sotz'il ONG, Que Impulsa Proyectos de Desarrollo Comunitario. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala: Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
- Olivera, d. I. (2018). Proceso Biotecnológico para la producción de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en residuos agrícolas. Colegio de Postgraduados, Veracruz. Obtenido de http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/2988/1/Olivera_Cruz_AR_DC_Agroecosistemas_Tropicales_2018.pdf
- Paz, M. R. (2014). Diseño y análisis de experimentos agrícolas. Quetzaltenango, Guatemala.
- Pérez, J. D. (2016). "Producción y análisis bromatológico del hongo ostra (*Pleurotus*), cultivado con sustratos de cáscara de cacao, plátano, coco y. Universidad Técnica Estatal de Quevedo , Carrea de Ingeniería Agropecuaria . Ecuador: Facultad de Ciencias Pecuarias. Recuperado el Viernes de Abril de 2022



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Pineda-Insuasti, J. A., Ramos-Sánchez, L. B., & Soto-Arroyave, C. P. (2014). Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido: una revisión. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 48(2), 13-23.
- Rodríguez Valencia, N., Araque Fonseca, M., & Perdomo Perdomo, F. (2006). “Mantenimiento de cepas de hongos comestibles y medicinales” del proyecto Adaptación e implementación de cinco cepas de hongos comestibles en diferentes subproductos agrícolas para mejorar la productividad y competitividad de ASOFUNGICOL en el Huila”. Cenicafé.
- Saltos Giler, Manuel Ricardo; Ronald Roberty, Mendieta Morrillo; Intriago Cool, María Eugenia; Balón, Ayda De La Cruz & López Vera, Mario René. (2017) Evaluación del crecimiento micelial y productivo de *Pleurotus sapidus* a nivel in vitro y sobre residuo de maíz (*Zea mays*). Revista La Técnica, Ecuador.
<https://www.researchgate.net/publication/332361386> Evaluacion del crecimiento micelial y productivo de *Pleurotus sapidus* a nivel in vitro y sobre residuo de maiz *Zea mays*
- USAC. (2013). Carreras de grado USAc. Obtenido de <https://www.usac.edu.gt/g/Carreras-de-Grado-USAC-2013.pdf>
- Valdespino, Fabiola. (2021) Aprovechamiento sostenible de hongos comestibles hacia una seguridad alimentaria. ResearchGate
<https://www.researchgate.net/publication/348690551> Aprovechamiento sostenible de hongos comestibles hacia una seguridad alimentaria
- Valencia, N. R.; Araque Fonseca M.L. & Perdomo F. P. (2006). “Adaptación e implementación de cinco cepas de hongos comestibles en diferentes subproductos agrícolas para mejorar la productividad y competitividad de ASOFUNGICOL en el Huila”. Cenicafé. Colombia: Cenicafé. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/854/1/Hongos%20comestibles%20medicinales%20Producci%C3%B3n%20semilla.pdf>



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Vallejo Torres, C., Díaz Ocampo, R., Morales Rodríguez, W., Vera Chang, J., & Cortéz Salazar, T. (2017). Calidad alimenticia del hongo *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado, cultivado en tres residuos agrícolas. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 8(2), 75-83. Recuperado a partir de http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/143
- Vega, A. & Franco, H. (2016). Análisis de cenizas y minerales de hongos comestibles *Pleurotus* spp., cultivados sobre paja de arroz (*Oryza sativa*), tuza y rastrojo de maíz (*Zea mayz*). I+D Tecnológico, 8. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/90>
- Vega, A., Franco, H. (2013). Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos. *Revista Scielo Información Tecnológica* Vol 24(1), 69-78 (2013) <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000100009>
- Vicepresidencia, Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) Gobierno de Guatemala (2023). Primer informe cuatrimestral. Gobierno de Guatemala. https://www.senacyt.gob.gt/portal/attachments/planes_informes/boletin_cuatrimestral_senacyt-enero-abril2023.pdf

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

19. Apéndice

Apéndice A

Sistematización manipulación de carpóforos *P.ostreatus*

No.	Procedencia	Método de aislamiento	Medio de cultivo
1	Quetzaltenango	Tejido	<ul style="list-style-type: none"> • Agar dextrosa papa (PDA) • Agar dextrosa papa Artesanal (PDAA) • Agar Extracto de Malta (EMA) • Agar Sabouraud Dextrosa (SDA)
2	Totonicapán	Tejido	<ul style="list-style-type: none"> • Agar dextrosa papa (PDA) • Agar dextrosa papa Artesanal (PDAA) • Agar Extracto de Malta (EMA) • Agar Sabouraud Dextrosa (SDA)

Fuente: investigación 2023

Apéndice B

Distribución de tratamientos

No.	Procedencia	Medio de Cultivo	Repetición					
			Q1R1	Q1R2	Q1R3	Q1R4	Q1R5	Q1R6
1	Quetzaltenango	PDA	Q1R1	Q1R2	Q1R3	Q1R4	Q1R5	Q1R6
		PDA Artesanal	Q2R1	Q2R2	Q2R3	Q2R4	Q2R5	Q2R6
		SDA	Q3R1	Q3R2	Q3R3	Q3R4	Q3R5	Q3R6
		EMA						
2	Totonicapán	PDA	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R5	T1R6
		PDA Artesanal	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4	T2R5	T2R6
		SDA	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R5	T3R6
		EMA						

Fuente: investigación 2023

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice C

Clasificación taxonómica del hongo ostra

Reino	<i>Fungi</i>
División	<i>Basidiomycota</i>
Clase	<i>Himenomycetes</i>
Orden	<i>Agaricales</i>
Familia	<i>Tricholomataceae</i>
Genero	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>Pleurotus ostreatus</i>

Fuente: (Pérez, 2016)

Apéndice D

Componentes nutricionales de *Pleurotus ostreatus*

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

Fuente: (Guachamín & Montalvo, 2021)

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice E

Siembra de pasteles productivos con micelio



Apéndice F

Establecimiento de los pasteles productivos, etapa de incubación.



Nota. la etapa incubación duró 30 días, al propiciar oscuridad para la colonización y expansión del micelio en cada pastel. Se observó el desarrollo y proliferación de primordios en cuatro pasteles, con racimos de 10- 40 hongos ostra, con diámetros de hasta 10 cm.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice G

Primordios desarrollados en bolsas transparentes



Apéndice H

Proliferación y desarrollo de hongos ostra en botellas plásticas



Nota. Al momento de la proliferación de los hongos el riego se realizó de forma constante. En días calurosos dos veces al día y en días nublados una vez por día. El riego se efectuó con ayuda de una manguera, con la finalidad de humedecer totalmente el sustrato para el desarrollo y crecimiento de los hongos.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice I

Riego de pasteles productivos durante la mañana



Nota. Al observar la aparición de primordios a los cinco días se realizó la cosecha de hongos desarrollados. Para la cosecha, desde el estípite del carpóforo con un cuchillo previamente desinfectado con alcohol al 70 %, evitando dañar los racimos. Los hongos cosechados tenían un desarrollo de 6 a 13 cm de diámetro.

En las dos primeras oleadas los hongos presentaban buen tamaño y numerosa cantidad de hongos, en un solo racimo 10- 40 cuerpos fructíferos. En las últimas dos oleadas se redujo el rendimiento al desarrollar cuerpos fructíferos individuales de 6 cm de diámetro dispersos en toda la bolsa, una disminución del peso fresco. El ciclo completo de proliferación y cosecha duró 65 días, en un intervalo de 14- 16 días proliferaba cada oleada, en su totalidad cuatro oleadas durante todo el ciclo productivo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice J

Desarrollo y crecimiento de racimos, hongos ostra



Apéndice K

Cortes y cosecha de racimos de hongos ostra



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice L

Desarrollo de cuerpos fructíferos, segunda oleada



Apéndice M

Desarrollo de cuerpos fructíferos, tercera oleada





Informe final de Proyecto de Investigación 2024

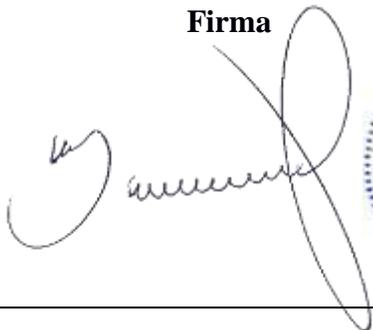
20. Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación

El coordinador (a) de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación, artículos 13 y 20, dejó constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordinó ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Hugo Leonel Rodríguez Loarca Coordinador del Proyecto de Investigación.	Firma 
Fecha: 28/02/2025	

21. Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario

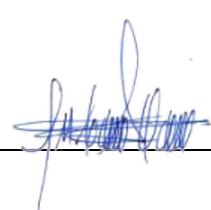
De conformidad con el artículo 13 y 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: director del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo. Bo. M Sc. Elmer Raúl Bethancourt Mérida Director Dirección General de Investigaciones Centro Universitario de Occidente	Firma  
Fecha: 28/02/2025	



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

22. Aprobación de la Dirección General de Investigación

<p>Vo.Bo. Inga. Liuba Cabrera Coordinadora del programa universitario de investigación en Desarrollo Industrial -PUIDI-</p>	<p>Firma</p> 
<p>Fecha: 28/02/2025</p>	

/Digi2024