



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA:
JESUS RODOLFO TUZ MAY

ASESOR INTERNO:
NORMA LAURA RODRÍGUEZ ÁVILA

TÍTULO:
**“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PREPARADOS CON PAPEL RECICLADO PARA
LA PRODUCCIÓN DE SETAS DE *PLEUROTUS OSTREATUS*.”**

ENERO 2024



MEJOR
EDUCACIÓN
SUPERIOR



AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios por darme el conocimiento y la sabiduría, quien como guía estuvo presente en el trascurso de mi desarrollo profesional en la vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con las metas trazadas, sin desfallecer para obtener uno de los anhelos más deseados y hacer sentir orgullosos a mis padres.

Agradezco de igual manera a mis abuelos Rafaela Pech e Isauro May, por apoyarme y darme consejos en los momentos difíciles durante mi estancia en la carrera.

Agradezco a mis profesores de la Escuela Instituto Tecnológico Campus Chiná, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión. A la Dra. Norma Laura Rodríguez Ávila por su enseñanza, su rectitud como docente y su colaboración que permitió el desarrollo de este trabajo.

Al laboratorio de biotecnología vegetal por haberme brindado la oportunidad, enriquecerme en conocimiento, y llevar a cabo mi investigación contando con todo el material que se requería para desarrollar el proyecto de investigación, a la Dra. Norma Laura por sus consejos y correcciones con lo cual hoy puedo culminar este trabajo.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico, a mis padres, Rosario May y Eleazar Tuz quienes siempre estuvieron en cada momento durante mi formación académica, por su sacrificio y esfuerzo, por apoyarme y motivarme en cada momento de las diferentes etapas de mi vida, y por darme la oportunidad de estudiar una carrera, ellos me enseñaron que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. A mis hermanos; Saul Tuz, Cristian Tuz y Gustavo Tuz por acompañarme en este proceso, brindarme su apoyo y motivación para seguir con los estudios hasta culminar. A mis sobrinas que siempre me alegraban mis días y a mi cuñada por sus consejos.

Agradezco de igual manera a mis abuelos a Rafaela Pech e Isauro May por apoyarme y darme consejos en los momentos difíciles durante mi estancia en la carrera.

Mis Compañeros y amigos: Luis Pech, Yazmin Dzul, Carlos Huchim, Julián Caamal, Yanet cruz, Mónica Constantino, Luis, Roxana, por lo momentos que pasamos durante nuestra estancia en la escuela; por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral durante mi formación profesional.

RESUMEN.

En este estudio se llevó a cabo la evaluación de diferentes residuos agrícolas e industriales para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, con la finalidad de determinar el residuo sobre el cual este hongo genera mejor crecimiento y producción. Los sustratos evaluados fueron fibra de coco, aserrín de madera de cedro y papel reciclado; teniendo como sustrato control el rastrojo de maíz, siendo el sustrato más común para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Para la producción de inóculo se utilizó grano de maíz palomero, el cual se esterilizó por tres horas y se llevó a la incubadora durante un periodo de ocho días, el cultivo consistió en diferentes fases. La primera fase del cultivo consistió en la inoculación del micelio en tubos de ensayo para observar su crecimiento, seleccionar las mejores combinaciones de sustratos y llevar el cultivo a gran escala.

El escalamiento del cultivo se realizó preparando mezclas de los sustratos en los que se obtuvo un mejor crecimiento de micelio. Las mezclas a evaluar fueron empacadas en bolsas de 2 Kg. de volumen de mezcla de sustrato, del cual se seleccionaron tres combinaciones de sustratos. Se esterilizaron e inocularon con 20 g de semillas de *Pleurotus ostreatus*.

Los resultados obtenidos indicaron que la combinación de 50% fibra de coco y 50% papel reciclado fue el óptimo para promover el crecimiento del micelio de *P. ostreatus*, favoreciendo el desarrollo óptimo y obteniendo resultados en la fructificación observando cuerpos fructíferos bien formados y de buen tamaño con un peso promedio de 18.28 g, con un diámetro de píleo en promedio de 9.48 cm.

PALABRAS CLAVE: *Pleurotus ostreatus*, sustrato, inóculo, micelio

Índice

AGRADECIMIENTOS.....	1
DEDICATORIA	2
RESUMEN.....	3
Índice.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Generalidades de los sustratos	8
2.1.1 Condiciones de los sustratos	8
2.1.2 Clasificación taxonómica	8
2.1.3 Características morfológicas de <i>pleurotus ostreatus</i>	9
2.1.4 Generalidades del cultivo.....	9
2.2 Condiciones climáticas para el desarrollo de las setas.....	10
2.2.1 Temperatura	10
2.2.2 Concentración de Iones Hidrógeno (pH)	10
2.2.3 Aireación	10
2.2.4 Agua.....	10
2.2.5 Luz	10
2.3 Propiedades nutricionales de las setas	11
2.3.1 Proteínas.....	12
2.3.2 Carbohidratos.....	12
2.3.3 Vitaminas	12
2.3.4 Papel en la naturaleza de los hongos comestibles.....	13
2.4 Beneficios ambientales del género <i>Pleurotus Sp.</i>	13
2.4.1 Factores que influyen en el crecimiento del hongo Ostra.....	14
2.4.2 Contaminación	14
2.4.3 Causas	14
2.4.4 Efectos de la contaminación	14
2.4.5 Enfermedades.....	15
2.4.6 Selección del sustrato.....	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. OBJETIVOS	18

Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	18
4. METODOLOGÍA.....	19
4.1. Material Experimental.....	19
4.1.1 Micelios activos del hongo tipo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	19
4.1.2 Descripción de los tratamientos	20
4.1.3 Prueba de tamizaje fitoquímico.....	20
4.2 Medio de cultivo	21
4.2.1 Preparación del inóculo.....	22
4.2.2 Preparación del sustrato.	22
4.2.3 Deshidratación y adecuación de los residuos.....	22
4.3 Mezcla de los materiales que conformarán el sustrato de crecimiento.	23
4.3.1 Inoculación de los sustratos	23
4.3.2 Incubación de los sustratos	23
5. RESULTADOS DEL SUSTRATO TESTIGO Y EL RENDIMIENTO, FORMA Y TAMAÑO DE LAS SETAS.	24
Cosecha de setas cultivadas en rastrojo de maíz: 10 de agosto del 2022.	24
Cosecha de setas cultivadas en rastrojo de maíz: 12 de agosto del 2022.	26
Descripción de resultados en crecimiento in vitro del micelio con los diferentes sustratos evaluados, para la selección de las mejores fórmulas para el escalamiento del cultivo.	27
Segunda semana.....	28
Tercera semana	29
Resultados del escalamiento del cultivo en los sustratos seleccionados.....	30
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
7. CONCLUSIONES.....	36
8. RECOMENDACIONES.....	37
9. BIBLIOGRAFIA.	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del hongo comestible Orellana (<i>Pleurotus ostreatus</i>).	11
Tabla 2: Descripción de los tratamientos evaluados para la producción del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>).	23
Tabla 3: Resultados de la prueba de tamizaje fitoquímico para la determinación de azúcares reductores.	24
Tabla 4: Formulaciones de sustratos evaluados en este estudio	26
Tabla 5: Resultados del tratamiento testigo del primer corte	28
Tabla 6: Segundo corte del sustrato testigo	29
Tabla 7: Cosecha del tratamiento testigo	29
Tabla 8: Resultados del tercer corte	30
Tabla 9: Siembra del inóculo	34
Tabla 10: Avance del crecimiento del micelio	35
Tabla 11: Cubrimiento total del micelio	35
Tabla 12: Sustratos para sacar a fructificar	36
Tabla 13: Resultados del escalamiento del cultivo, utilizando la combinación de los sustratos	37
Tabla 14: obtención de mejores resultados utilizando fibra de coco y aserrín de cedro	38
Tabla 15: Resultado final del último tratamiento	39

INDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1.</i> Morfología de una seta.....	12
<i>Ilustración 2.</i> Siembra del micelio.....	31
<i>Ilustración 3.</i> Muestra los primeros cm de abarcamiento del micelio	32
<i>Ilustración 4.</i> Cubrimiento completo de los sustratos en los tubos de ensayo	33
<i>Ilustración 5.</i> Comparación del crecimiento del micelio según el sustrato	36

1. INTRODUCCIÓN

La práctica de la agricultura a menudo da como resultado la producción de una cantidad significativa de materiales orgánicos de desecho de origen vegetal. Según la investigación llevada a cabo por (Urrego, 2018a), se encontró que su composición está compuesta principalmente por alrededor de un 70 % de celulosa y lignina.

Los hongos del género *Pleurotus ostreatus* tienen la capacidad de crecer en diversos desechos agrícolas, estos alimentos son altamente nutritivos y son ampliamente reconocidos como una fuente aceptable de nutrientes.

El hongo ostra al ser cultivado sobre estos desechos, no sólo puede transformar todos estos residuos en algo comestible, sino que también ayuda a la descomposición del mismo y puede ser utilizado como abono orgánico, es una gran fuente de ingresos ya que a nivel comercial se encuentra en el segundo lugar.

En la naturaleza se estima que existe 1,5 y 2,5 millones de especies distintas y hay aproximadamente 700 especies reconocidas por su valor nutricional y ampliamente consumidos desde los tiempos más antiguos (Guzmán, 1995, 1996); de ellas, las especies comestibles gozan de especial importancia, ya que, desde los tiempos más antiguos, han sido considerados como un alimento.

Dentro la gran variedad de hongos comestibles, hay diferentes especies que actúan como degradadores de la materia orgánica debido a que poseen un complejo enzimático capaz de descomponer y metabolizar eficientemente celulosa, hemicelulosa y lignina. Se han reportado diversos sustratos que pueden ser útiles para la producción de este hongo a gran escala. Sin embargo, el uso de sustratos compuestos por residuos agrícolas o urbanos, como el papel reciclado será una nueva alternativa de reciclaje que mejore la composición de los sustratos para su cultivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de los sustratos

2.1.1 Condiciones de los sustratos

Se llama sustrato a la única fuente de alimento para los organismos descomponedores, por lo tanto, sus cualidades y cantidad de nutrimentos deben ser suficientes para permitir a dichos organismos cumplir con sus funciones vitales (*DonadoTania* 2019).

2.1.2 Clasificación taxonómica

El hongo *Pleurotus ostreatus*, se conocen comúnmente como orellanas, orejas, orejas de cazahuate, hongos ostra, pleurotos, hiratake, gírgolas, setas ostión, ostra de árbol y champiñón ostra, entre otros, Tabla 1.

Morfológicamente, las setas se caracterizan por poseer píleo (ostra, concha) excéntrico que pueden crecer de 5 a 15 cm, de color blanco o gris. Según sus condiciones de crecimiento, las esporas o cuerpos fructíferos de las setas, desarrollan un micelio de diversas tonalidades cromáticas: blanco cremoso, café cremoso, café oscuro, negro cafésáceo, gris, azul grisáceo o negro grisáceo (Cañedo, 2012).

Tabla 1: Taxonomía del hongo comestible Orellana (Pleurotus ostreatus).

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Genero	Pleurotus
Especie	<i>P. ostreatus</i>

2.1.3 Características morfológicas de *Pleurotus ostreatus*.

Las orellanas son macromicetes comestibles pertenecientes al reino Fungi, considerados como setas, hongos verdaderos o superiores. Estos hongos carecen de clorofila, en consecuencia, necesitan crecer en un sustrato que les brinden los nutrientes necesarios para su supervivencia Ilustración 1 (Urrego, 2018b).



Ilustración 1. Morfología de una seta

2.1.4 Generalidades del cultivo

El hongo ostra es recientemente conocido por su alta adaptabilidad para regenerarse en materiales lignocelulósicos previamente procesados. La lignina y la celulosa son azúcares fácilmente disponibles en los materiales muertos de origen vegetal. El hongo ostra se puede producir de manera industrial y de forma manual o artesanal con un proceso simple que brinda las condiciones básicas para su crecimiento, actualmente se dice que el hongo ostra es una especie doméstica (Noj Pajarito, 2017).

2.2 Condiciones climáticas para el desarrollo de las setas

2.2.1 Temperatura

La mayoría de los hongos son aeróbicos y crecen a temperaturas moderadas de 1 a 40 °C. Sin embargo, a efectos prácticos, los hongos suelen crecer bien y tener un óptimo desarrollo a temperatura ambiente. (Milton Jimenez 2015).

2.2.2 Concentración de Iones Hidrógeno (pH)

La respuesta de los hongos al hidrogeno viene determinada en gran medida por otros factores no relacionados, pero en el laboratorio se ha observado que muchos hongos crecen en el intervalo de H de 4.5 a 8.0 con una amplia gama de PH óptimo entre 5.5 y 7.5. (López, s, 2015).

2.2.3 Aireación

La mayoría de los hongos son aerobios y necesitan al menos una cierta cantidad de oxígeno para poder crecer y tener un tamaño óptimo (Urrego, 2018).

2.2.4 Agua

Hay varias formas de determinar la disponibilidad de agua de los cultivos, en este caso son los hongos. La micología a menudo se refiere a la humedad relativa (HR) de equilibrio, en este caso a los efectos de temperatura el 70% de HR es el límite inferior para el crecimiento de hongos, aunque algunos crecen muy lento a una HR más baja a 65%.

2.2.5 Luz

Hasta donde sabemos, has visible del espectro (longitudes de onda entre 380 y 779 nm) tiene poco efecto sobre el crecimiento vegetativo de los hongos, aunque puede

tener un efecto importante sobre la esporulación (Urrego, 2018a), además la luz afecta la esporulación de muchos hongos pudiendo ser inhibitoria o estimulando la producción de propágulos, en conclusión la luz posee un especial efecto estimulante en la producción de esporas en algunas especies de hongos.

2.3 Propiedades nutricionales de las setas

Las setas absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados, por lo general tienen buena cantidad de fósforo y potasio, y calcio en menor cantidad. Generalmente las setas poseen entre 19-35% de proteína, por lo cual se dice que un kilogramo de setas frescas iguala en cantidad de proteínas a una libra de carne de res (Urrego, 2018).

El cultivo de *Pleurotus* puede parecer simple, pero requiere el manejo de una serie de factores que afectan el desarrollo y la productividad óptimos. Existen factores físicos, químicos y biológicos que influyen en etapas del desarrollo y en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Los cuales afectarán de acuerdo a su etapa de desarrollo. Durante la etapa de desarrollo del inóculo, los factores físicos más relevantes son la temperatura, la humedad y el tamaño de partícula del sustrato; los factores químicos incluyen azúcares, fenoles, lignina, celulosa y hemicelulosa; mientras que los factores biológicos conforman la viabilidad, potencial del cultivo y la contaminación por otros organismos. Durante el período de fructificación, los factores físicos que presentan mayor influencia son: la temperatura, humedad relativa, concentración de oxígeno y la cantidad de luz; asimismo, influye el tipo de sustrato como factor químico y existe el riesgo de contaminación biológica por bacterias y virus (Cano-Estrada & Romero-Bautista, 2016)

2.3.1 Proteínas

El cuero fructífero del hongo *Pleurotus* es la parte comestible y es una excelente fuente de proteína de alta calidad debido a la presencia de todos los aminoácidos esenciales, siendo los principales la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar del 10 al 30% e incluso llegar al 40%, representando un alimento con potencial nutritivo para el ser humano.

2.3.2 Carbohidratos

Los hongos ostra son una fuente rica de carbohidratos, su contenido puede ser del 57 al 61% de carbohidratos, se ha demostrado que tiene mejor aporte nutricional que la carne de origen animal (Gaitán, Hernández et al., 2006).

2.3.3 Vitaminas

Todos los hongos suelen ser una buena fuente de tiamina (vitamina B1), Riboflavina (vitamina B2), niacina, biotina y ácido ascórbico (vitamina C). En el caso de *Pleurotus ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra entre 4.8 y 7.8mg. / 100g. Riboflavina 4.7 a 4.9mg/100g.

Se tiene, además, que el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) es muy alto, 36-58 mg/100 g. Su peso seco lo convierte en una excelente fuente de antioxidantes y agentes reductores para su uso en productos farmacéuticos y suplementos dietéticos. Se pueden usar para tratar el escorbuto, la diabetes, la hipoglucemia, el cáncer y más (Urrego, 2018).

2.3.4 Papel en la naturaleza de los hongos comestibles.

Algunos hongos comestibles, como el género *Pleurotus sp.*, tienen la capacidad de colonizar troncos y degradar lignina, hemicelulosa y celulosa. Estas especies de hongos se consideran degradantes principales porque pueden utilizar los desechos vegetales en su forma natural sin sufrir procesos de degradación bioquímica o microbiológica, gracias a esto se pueden degradar más rápido los desechos que son de larga duración ayudando a la descomposición e incorporarse al medio ambiente (López, 2015.).

Igualmente, el uso de material lignocelulosa como fuente de hongos comestibles representa amplias oportunidades biotecnológicas ya que es fácil su producción y de bajo costo y así obtener otra fuente de alimento para los humanos, que generalmente se fabrican a partir de materia prima de desechos baratos. Según Valencia y Garín 2016, los materiales lignocelulósicos consisten esencialmente en celulosa (45 a 60%), hemicelulosa (15 a 20%) y lignina (10 a 30%).

2.4 Beneficios ambientales del género *Pleurotus Sp.*

Varios estudios han demostrado que las cepas de *Pleurotus sp.*, tienen la capacidad de descomponer compuestos que son dañinos para el medio ambiente. Lo cual representa una alternativa para contribuir en la remediación de suelos y aguas residuales contaminadas con productos resistentes. Se ha probado la actividad metabólica de las cepas que pertenecen a este género, con resultados prometedores en la producción de enzimas y la degradación de compuestos. Además, *Pleurotus sp.*, tiene la capacidad para degradar pireno, benzoantroceno, benzopireno e hidrocarburos aromáticos policíclicos, y por lo cual puede ser una solución prometedora a los problemas de la contaminación ambiental (Urrego, 2018a).

2.4.1 Factores que influyen en el crecimiento del hongo *Ostra*

Los principales problemas a los que se enfrenta el productor del hongo comestible ostra (*Pleurotus ostreatus*) son básicamente las contaminaciones, la presencia de plagas y las enfermedades que dificulta el crecimiento del hongo (Urrego, 2018a).

2.4.2 Contaminación

La introducción de contaminantes en el medio natural provoca inestabilidad en el cultivo e impide el crecimiento del micelio del hongo, esto genera competencia, por lo tanto, se debe aislar de los demás tratamientos, para evitar contaminar más lotes del experimento, es por eso que se hacen varias replicaciones de los diferentes tratamientos.

2.4.3 Causas

Las principales causas de contaminación en la etapa de cultivo del hongo *Pleurotus*, generalmente se deben a una mala esterilización del sustrato, al manejo inadecuado de la higiene durante la siembra. Cualquier orificio en el módulo 15 puede permitir la entrada de aire y polvo, así como de microorganismos, insectos y vectores.

2.4.4 Efectos de la contaminación

Los efectos de la esterilización inadecuada y el manejo descuidado del sustrato dan como resultado un crecimiento deficiente del micelio, además del crecimiento de hongos deformes o defectuosos. Existen hongos contaminantes del género *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus* cuyo desarrollo se observa en forma de

manchas verdes, negras o amarillentas y anaranjadas sobre el sustrato e impiden el crecimiento del micelio del hongo *P. ostreatus* (Donado-Tania 2019).

2.4.5 Enfermedades

Se presentan, dos tipos de enfermedades que pueden dañar a los hongos: bióticas y abióticas. Las infecciones bióticas son causadas por bacterias, micoplasmas o virus. Estos patógenos son comunes en los hongos, pero no se ha informado que tengan importancia económica.

Las enfermedades abióticas son causadas por factores abióticos tales como: falta de espacio para que crezcan las raíces, presencia de niveles crónicos o agudos de contaminantes en el aire o el agua, o condiciones extremas relacionadas con la humedad, el calor, la luz, el pH del suelo y los nutrientes (García-Oduardo & Serrano-Alberni, 2011).

2.4.6 Selección del sustrato

Para el cultivo y producción de hongos, es necesario tener un sustrato del cual se alimenten; este sustrato debe contener materiales lignocelulósicos, que se encuentren en gran cantidad en residuos o subproductos agrícolas y compuestos por 60-70% de celulosa y 15% de lignina. Se utilizan diferentes materiales dependiendo de la naturaleza y la zona, por ello es importante tener una buena selección de los materiales que se utilizaran como sustrato (Urrego, 2018).

3. JUSTIFICACIÓN

La producción del cultivo de hongos del género *P. ostreatus* con el paso del tiempo se ha convertido en una fuente de alimentación muy importante para la dieta humana y sus costos de producción son bajos, esto hace que sea un cultivo rentable para implementarlo en programas de seguridad alimenticia, además de que ayudaría a las familias en su economía, asimismo representa una alternativa de biorremediación para la descomposición de algunos materiales en la naturaleza.

Es importante señalar, que el uso de hongos comestibles juega un papel importante en la industria alimentaria porque aporta diversos nutrientes como fibra, vitaminas, hidratos de carbono y proteínas, su eficacia es superior a las fuentes de proteínas animales con bajo contenido en grasas, y tiene un sabor agradable para la mayoría de las personas. En general, los hongos y setas comestibles tienen propiedades nutricionales y medicinales, son una excelente fuente de proteínas y tienen bajo colesterol, lo que mejora la dieta y la salud de quienes los consumen.

Por sus características de textura y sabor suave, los *P. ostreatus* tienen una gran demanda en el mercado, lo que lo convierte en un cultivo de gran importancia para su producción y consumo por todo los beneficios y nutrientes que aporta en la naturaleza y en las personas.

De igual forma, *P. ostreatus* es una alternativa de alimentación de alto valor nutricional ya que contiene entre 57% y 61% de carbohidratos, 26% de proteína, y se puede producir en pequeños lugares; tiene una producción de bajo costo, es uno de los cultivos que son más rentables. ya que es fácil de adaptar al medio ambiente. Adicionalmente, *Pleurotus sp.*, posee diversas enzimas que ayudan a la descomposición de residuos agrícolas, lo que lo convierte en un género con amplia aplicación biotecnológica.

De esta forma, se destaca que el cultivo de *P. ostreatus*, a nivel ecológico, constituye una eficiente forma para la conservación y protección del medio ambiente. Lo anterior, debido a la posibilidad de este hongo de convertir residuos de cosecha en un producto alimenticio, volviéndose su producción aún más económica, postulándose como una excelente opción de alimentación para las comunidades de más bajos recursos del estado de Campeche.

Se han probado diversos sustratos para la producción *P. ostreatus* con buenos resultados. Por otro lado, este hongo no se cultiva a nivel comercial en el estado de Campeche y una alternativa idónea para alcanzarlo es estandarizar una metodología que se base en el aprovechamiento de recursos de desecho tales como: papel reciclado o desechos agrícolas locales y de bajo costo. Por lo anterior, en el presente estudio se evaluará si los residuos de papel usado, adicionado con residuos de cortezas de especies maderables u otros aditivos como fuente de carbono, pueden ser empleados como sustrato para el cultivo de este hongo, al proporcionar las condiciones y los requerimientos necesarios para su desarrollo. Los resultados obtenidos en este trabajo proporcionarán la información necesaria para el desarrollo de una guía para el cultivo de esta especie en el Estado.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la producción y calidad de las setas de *Pleurotus ostreatus* en sustratos alternativos preparados con papel reciclado.

Objetivos específicos

- Evaluar, en bioensayos in vitro, sustratos preparados con papel reciclado para la preparación del inóculo o micelio secundario de *P. ostreatus*.
- Experimentar el escalamiento del cultivo del hongo en los dos sustratos con los que se hayan obtenido los mejores resultados en los bioensayos in vitro.
- Determinar el sustrato con mayor potencial biotecnológico para la producción de setas de *P. ostreatus*.

4. METODOLOGÍA

4.1. Material Experimental

4.1.1 Micelios activos del hongo tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*)

- Fibra de coco (*Cocos nucifera* L.): El sustrato utilizado fue un subproducto de cosecha de los vendedores ambulantes del mercado del estado de Campeche.
- La fibra de coco es un material de gran ayuda para la elaboración de sustratos ya que es un material que mantiene la humedad adecuada para favorecer el crecimiento del micelio; dicho sustrato destaca por su elevada estabilidad y su capacidad de retención de agua, así como una buena aireación.
- Papel reciclado: La celulosa es uno de los biopolímeros más abundantes en la naturaleza, ya que constituye el componente principal de las paredes celulares de las fibras vegetales y es componente fundamental del papel. Su unión básica, β -D- glucosa, se enlaza mediante un enlace O-glucósido en la configuración β -(1-4) dando lugar a la unidad celobiosa, disacárido que se representa en la cadena polimérica (Milton; 2015).
- Aserrín de cedro (*Cedrela odorata* L.). El sustrato utilizado fue un producto de un aserradero.

4.1.2 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron como se presenta en la tabla 2, ya que son materiales que muchos tenemos en la región y son fáciles de conseguir, uno de los materiales importantes que utilizamos fue el papel reciclado.

Los materiales seleccionados como sustratos tienen la capacidad de retener humedad, lo cual favorece las condiciones para el crecimiento del micelio.

Tabla 2: Descripción de los tratamientos evaluados para la producción del hongo ostra (Pleurotus ostreatus).

Tratamiento	Sustrato	No. de bolsas/tratamiento
T1	papel de reciclado	3 bolsas de 3 kg c/u
T2	Fibra de coco	3 bolsas de 3 kg c/u
T3	Aserrín de cedro	3 bolsas de 3 kg c/u
T4	Rastrojo de maíz	

4.1.3 Prueba de tamizaje fitoquímico.

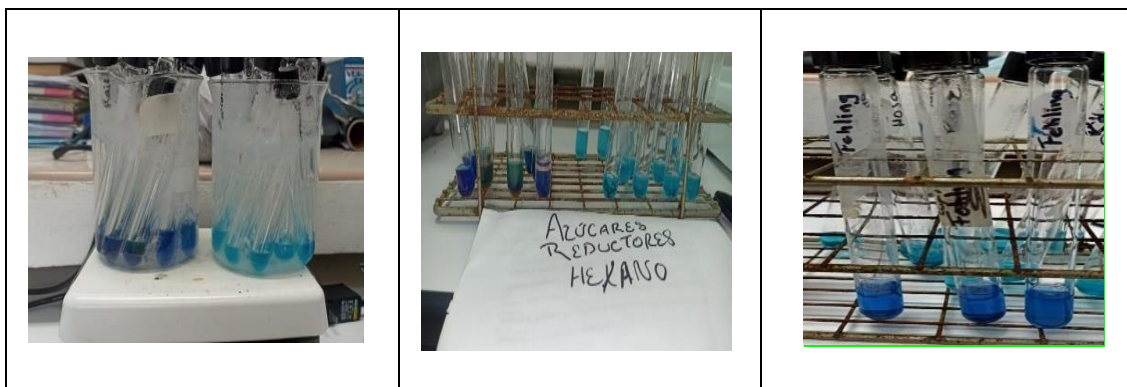
Se tomaron 1 ml del extracto muestra (papel reciclado), dividimos la muestra en dos tubos de ensayo (si se hacen 3 repeticiones en seis tubos, mínimo 1 ml por tubo) y se realizaron las siguientes pruebas:

Reacción de Fehling: se adiciono 0.5 ml de solución Fehling A y 0.5 ml de solución Fehling B y 1 ml de agua destilada.

Reacción de Benedict, se adicionó 0.5 ml de reactivo de Benedict y 1 ml de agua destilada.

Preparamos un blanco para cada tubo sin el extracto (solo reactivos) y colocamos los tubos a baño María por 15 minutos. Si se formará un precipitado de color naranja a rojo hay presencia de azúcares.

Tabla 3: prueba de tamizaje fitoquímico.



4.2 Medio de cultivo

Para la preparación de 500 ml del medio de cultivo Agar Dextrosa y Papa (PDA) se utilizaron 200g de papa, 7.5g de sacarosa y 10 g de agar; esto fue diluido con agua destilada estéril en un matraz de 1000 ml mediante calentamiento y agitación frecuentemente hasta el punto de ebullición durante 1 minuto. Posteriormente, se esterilizo en autoclave a 120°C (15 lbs de presión) durante 15 minutos. El medio estéril se vació en cajas Petri, una vez solidificado el medio, las cajas se colocaron en una encubara a 26°C durante 24 horas. Esto se realizo como medida de control para descartar posible contaminación.

4.2.1 Preparación del inóculo

La elaboración del inóculo-grano se realizó en grano de maíz palomero, se lavó y se dejó remojando durante 24 horas. Posteriormente se colocaron en botes de vidrio de 500 g y se esterilizaron en autoclave a 112 °c y 15 libras de presión durante 2 h. una vez que el grano esterilizado se enfrió se inóculo la sepa y se dejó en incubación a 26°C hasta observar que el grano fuese invadido en su totalidad por el micelio.

4.2.2 Preparación del sustrato.

Los materiales evaluados como sustrato fueron fibra de coco, aserrín de madera y papel reciclado, de los cuales, el rastrojo de maíz se empleó como control. Los residuos fueron analizados y probados durante un mes en cuanto a su eficiencia con respecto al crecimiento del micelio.

4.2.3 Deshidratación y adecuación de los residuos.

Todos los residuos fueron seleccionados y sometidos a un proceso de secado de exposición a la luz solar directa hasta que parecieran físicamente secos.

Posteriormente se transfirieron a un horno de secado para terminar de secar y eliminar humedad.

4.3 Mezcla de los materiales que conformarán el sustrato de crecimiento.

En la tabla 4 se muestra las combinaciones que se realizó para el escalamiento del cultivo. Las formulaciones de las mezclas de los sustratos fueron realizado con base a bioensayos, y a si determinar en cuales tendremos resultados favorables.

Tabla 4: Formulaciones de sustratos evaluados en este estudio según los resultados del bioensayo *in vitro*.

Tratamiento	papel reciclado	Fibra de coco	Aserrín de cedro	Rastrojo de maíz
T1	0%	0%	100%	0%
T2	50%	50%	0%	0%
T3	30%	30%	40%	0%
T4	0%	0%	0%	100%

4.3.1 Inoculación de los sustratos

Los sustratos fueron esterilizados durante un tiempo de 3 horas, posteriormente se esperó hasta que estuvieran fríos para ser inoculados en bolsas de 3 kg de capacidad. Se utilizaron aproximadamente 100 g de inóculo por cada bolsa de sustrato y se realizaron 3 repeticiones.

4.3.2 Incubación de los sustratos

Las bolsas ya inoculadas, fueron colocadas en una cámara de incubación a una temperatura de 26 °C, en condiciones de obscuridad en donde se invadió el sustrato, en esta etapa se determinó el tiempo de invasión del micelio en el sustrato.

5. RESULTADOS DEL SUSTRATO TESTIGO Y EL RENDIMIENTO, FORMA Y TAMAÑO DE LAS SETAS.

Cosecha de setas cultivadas en rastrojo de maíz: 10 de agosto del 2022.

En promedio, las setas presentaron un buen crecimiento, con un peso total de la cosecha de 31.46 g, además de presentar características tales como 9.45 cm de diámetro del píleo, 1.17 cm de diámetro de estípite, 4.75 cm de longitud de estípite y 10.15 cm de longitud total. Se cosecharon en promedio 7 setas de cada bolsa como se muestra en las siguientes tablas 5,6 y 7.

Tabla 5: Resultados del tratamiento testigo del primer corte

<i>Pleurotus ostreatus</i> en rastrojo de maíz	
Testigo, Repetición 3	
	
Peso: 28.58 g Diámetro del píleo: 8.2 cm Diámetro del estípite: 1.1 cm Longitud del estípite: 6.2 cm Longitud total: 9.8 cm	No. De hongos: 7

Tabla 6: Segundo corte del sustrato testigo

<i>Pleurotus ostreatus</i> en rastrojo de maíz	
Testigo, Repetición 6	
	
Peso: 31.83 g Diámetro del píleo: 7.1 cm Diámetro del estípite: 1.6 cm Longitud del estípite: 3.7 cm Longitud total: 6.9 cm	No. De hongos: 5

Tabla 7: Cosecha del tratamiento testigo

<i>Pleurotus ostreatus</i> en rastrojo de maíz	
Testigo, Repetición 4	
	
Peso: 34.34 g Diámetro del píleo: 10.7 cm Diámetro del estípite: 1.25 cm Longitud del estípite: 3.3 cm Longitud total: 10.5 cm	No. De hongos: 7

Cosecha de setas cultivadas en rastrojo de maíz: 12 de agosto del 2022.

En promedio, las setas presentaron un buen crecimiento, con un peso total de la cosecha de 16.72 g, 7.4 cm de diámetro del píleo, 3.4 cm de diámetro de estípite y 10.15 cm de longitud total. Se cosecharon en promedio 7 setas de cada bolsa, como se muestra en la siguiente tabla 8.

Tabla 8: Resultados de la tercera cosecha

<i>Pleurotus ostreatus</i> en rastrojo de maíz	
Testigo, Repetición 5	
	
Peso: 4.5 g. Diámetro del píleo: 6.5 cm Diámetro del estípite: 0.8 cm Longitud del estípite: 6 cm Longitud total: 9.2 cm	No. De hongos: 2 Peso total: 6.65 g.
<i>Pleurotus ostreatus</i> en rastrojo de maíz	
Testigo, Repetición 4	
	
Peso: 5.3 g. Diámetro del píleo: 8.7 cm Diámetro del estípite: 0.8 cm Longitud del estípite: 6 cm Longitud total: 12.5 cm	No. De hongos: 3 Peso total: 11.69 g.

Descripción de resultados en crecimiento in vitro del micelio con los diferentes sustratos evaluados, para la selección de las mejores fórmulas para el escalamiento del cultivo.

En la primera semana de muestreo se observó que en la muestra C,E Y F tuvieron un crecimiento de 1 cm mientras que las muestras A,B,D no se observó algún crecimiento.



A



B



C



D



E



F

Ilustración 2. Siembra del micelio

Los resultados del bioensayo in vitro para la evaluación del crecimiento de *P. ostreatus* en diferentes sustratos. (A): Aserrín; (B) Papel reciclado; (C) 50% papel y 50% aserrín; (D) 30% coco, (E) 40% papel, (F) 40% aserrín

Segunda semana

Durante la segunda semana se tomaron datos de los tratamientos del bioensayo in vitro, ya se empezó a colonizar los tubos de ensayo, como se muestra en las siguientes imágenes de los diferentes tratamientos del A, B, C, D, E Y F.



A



B



C



D



E



F

Ilustración 3: Los resultados del bioensayo in vitro durante la segunda semana el crecimiento del micelio *P. ostreatus* son los siguientes. (A): Aserrín 1.5 cm; (B) Papel reciclado 1 ; (C) 50% papel y 50% aserrín 2.5; (D) 40% coco y 60% aserrín 7.7cm , (E) 30% papel 70% coco 5.5 cm , (F) 40% Aserrín, 30% papel y 30% fibra de coco 8.5 cm.

Tercera semana

Al transcurrir las tres semanas que fue el tiempo estimado para evaluar el crecimiento del micelio in vitro se observamos que el tratamiento C, D, E, y F fueron los que tuvieron un recubrimiento total del micelio, en la ilustración 4 se marcaron como tratamientos para el escalamiento del cultivo son T1, T2, T3 Y T4.



T 1



T 2



T 3



T 4

Ilustración 4. Cubrimiento completo de los sustratos en los tubos de ensayo

Resultados del escalamiento del cultivo en los sustratos seleccionados.

Los sustratos que presentaron mejor crecimiento del micelio fueron; el aserrín, la mezcla de fibra de coco con papel y la mezcla de papel reciclado, aserrín y fibra de coco. Dichos sustratos fueron seleccionados para el escalamiento del cultivo y se colocaron en bolsa de 3 kg como se observa en la tabla 9.

Tabla 9: Siembra del inoculo

100 % Aserrín	50% coco y 50% papel	40% Aserrín, 30% papel y 30% fibra de coco
		

Tabla 9: siembra del inoculo. No se observó contaminación en ninguno de los sustratos empleados; el micelio tuvo buen crecimiento durante la primera semana.

Segunda semana

Tabla 10: Avance del crecimiento del micelio durante la segunda semana de inoculación del hongo en los sustratos probados se observa un buen crecimiento del micelio.

100 % Aserrín	50% coco y 50% papel	40% Aserrín, 30% papel y 30% fibra de coco
		

Tabla 11: Cubrimiento total del micelio, en la siguiente tabla se observa en la ultima semana de toma de datos se observo que tuvieron buenos resultados

100 % Aserrín	50% coco y 50% papel	40% Aserrín, 30% papel y 30% fibra de coco
		

Tabla 12: *Sustratos para sacar a fructificar, en la cuarta semana podemos observar el recubrimiento total de los sustratos por el micelio, en esta etapa ya están listos para cambiar de área y poder fructificar y obtener los rendimientos por sustrato.*

100 % Aserrín	50% coco y 50% papel	40% Aserrín, 30% papel y 30% fibra de coco
		



Ilustración 5. Comparación del crecimiento del micelio según el sustrato

Resultados finales del escalamiento del cultivo

En promedio, las setas presentaron un buen crecimiento, los resultados obtenidos fueron los siguientes; eso total de 11.7 g, 9.45 cm de diámetro del píleo, 7.5 cm de diámetro de estípite, 1.27 cm de longitud de estípite y 4.75 cm de longitud total en los sustratos aserrín, papel reciclado y fibra de coco. Se obtuvieron 10 setas.

Tabla 13: Resultados del escalamiento del cultivo, utilizando la combinación de los 3 sustratos

<i>Pleurotus ostreatus</i>	
Tratamiento 2: 40% Aserrín, 30% papel reciclado 30% fibra de coco	
	
Peso: 7.67 g. Diámetro del píleo: 5.9 cm Diámetro del estípite: 1.3 cm Longitud del estípite: 3.7 cm Longitud total: 8.2 cm	No. hongos: 1 Peso total: 130.48 g

Resultados finales del escalamiento del cultivo

Los resultados obtenidos en los sustratos fibra de coco, aserrín y fibra de coco, papel reciclado, son los siguientes con un peso total de la cosecha de 13.72g., diámetro del píleo 10.3 cm, diámetro de estípite 4.8 cm, longitud total 5.15. Se cosecharon en promedio 17 setas de cada bolsa, Tabla 14 y 15.

Tabla 14: obtención de mejores resultados utilizando fibra de coco y aserrín de cedro

<i>Pleurotus ostreatus</i>	
Tratamiento 3: 50% fibras de coco y 50% aserrines de cedro	
	
Peso: 12.31 g. Diámetro del píleo: 6.2 cm Diámetro del estípite: .9 cm Longitud del estípite: 3.8 cm Longitud total: 8.6 cm	No. De hongos: 17 Peso total: 128.31 g.

Tabla 15: Resultado final del último tratamiento

<i>Pleurotus ostreatus</i>	
Tratamiento 3: 50% coco y 50% papel	
	
Peso: 15.12 g. Diámetro del píleo: 8.2 cm Diámetro del estípite: 1.24 cm Longitud del estípite: 5.8 cm Longitud total: 1.7 cm	No. De hongos: 6 Peso total: 63.83 g

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso del papel reciclado como sustrato para la producción del hongo *P. ostreatus*, demostró ser una alternativa viable para el cultivo de la cepa, demostrando ser una opción viable y con buenos rendimientos.

El peso fresco de los cuerpos fructíferos en el tratamiento 1 que fue del rastrojo de maíz, con un peso total de la cosecha de 31.46 g, 9.45 cm de diámetro del píleo, 1.17 cm de diámetro de estípite, 4.75 cm de longitud de estípite y 10.15 cm de longitud total siendo a si el tratamiento con mejores resultados obtenidos Se cosecharon en promedio 11 setas de cada bolsa.

Durante el bioensayo in vitro, se observó que los sustratos colonizarse en su totalidad fueron los siguientes T1 papel reciclado, fibra de coco T2 fibra de coco y aserrín T3 papel reciclado, fibra de coco y aserrín T4 papel reciclado y aserrín lo que indica que son los ideales para la producción de hongo a gran escala.

El sustrato que mostró un rápido desarrollo del micelio fue el que está conformado por de 40% aserrín, 30% papel reciclado y 30% de fibra de coco. Este tratamiento fue el más adecuado, sin embargo, los resultados totales de los dos tratamientos demostraron que, en promedio, las setas presentaron un buen crecimiento, con un peso total de la cosecha de 11.7 g, 9.45 cm de diámetro del píleo, 7.5 cm de diámetro de estípite, 1.27 cm de longitud de estípite y 4.75 cm de longitud total. Se cosecharon en promedio 10 setas de cada bolsa.

7. CONCLUSIONES.

La producción de setas comestibles es una alternativa al consumo de carne, ya que contiene mayor valor nutricional y es de bajo costo, el uso del papel reciclado demostró ser una opción viable con buenos rendimientos en la producción de hongos comestibles.

En conclusión, la producción del hongo *P. ostreatus* es una actividad que, a corto plazo, puede retribuir mayores beneficios en la alimentación y su economía y permite obtener grandes producciones en relativamente poco espacio.

Los tres tratamientos utilizados en la producción del hongo *P. ostreatus* fueron eficientes; sin embargo, el mayor rendimiento en cuanto al tamaño y cantidad de las setas se obtuvo en el sustrato constituido por 40% de aserrín, 30% de papel y 30% con fibra de coco, lo anterior probablemente se deba a que los materiales de dicho sustrato mantienen la humedad ideal para el desarrollo del micelio.

Para las condiciones en que se condujo la investigación, de los sustratos evaluados, solo el papel reciclado no se considera con calidad de producción, ya que no se obtuvo un buen crecimiento en la fase de siembra in vitro, pero es importante incluir el papel en los tratamientos, ya que ayudamos a la descomposición a corto plazo y brindados beneficios al medio ambiente.

8. RECOMENDACIONES.

Se determinó la eficiencia de diferentes desechos agrícolas y papel reciclado como sustratos alternativos en la producción de *P. ostreatus*. La combinación de aserrín, papel y coco, hasta el momento, resultó la idónea para promover el crecimiento del micelio de *P. ostreatus*. Sin embargo, es importante determinar los parámetros de las cosechas para confirmar este dato.

Como recomendación se sugiere realizar análisis detallados de la composición química y estructural de cada uno de los residuos, y así determinar la posible interferencia en el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus ostreatus* por parte de algún compuesto del residuo.

Evaluar otras mezclas de sustratos, en las cuales el papel puede ser uno de los componentes de las mismas.

9. BIBLIOGRAFIA.

Cano-Estrada, A., & Romero-Bautista, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 75-80. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>

Cañedo, J. M. (s. f.). *QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS.*

Condori, J. (2017). *Multiplicación de Micelio De Pleurotus Ostreatus a partir Decepas Seleccionadas en Condiciones Ambientales Naturales, Ayacuchoa2820 Msnm. Universidad Nacional De San Cristóbal Dehuamanga.* Perú.

Donado-Tania.pdf. Recuperado 9 de diciembre de 2022, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Donado-Tania.pdf>

José Eduardo Noj Pajarito.pdf. Recuperado 9 de diciembre de 2022, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6294/1/Jos%C3%A9%20Eduardo%20Noj%20Pajarito.pdf>

José Eduardo Noj Pajarito.pdf. 9 de diciembre de 2022, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6294/1/Jos%C3%A9%20Eduardo%20Noj%20Pajarito.pdf>

López, C. E. A. *LA PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES*. 213.

PCM_M_Tesis_2015_Milton_Jimenez.pdf. (s. f.). Recuperado 17 de mayo de 2023, de https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/415/1/PCM_M_Tesis_2015_Milton_Jimenez.pdf

Romero, O., Huerta, M., Damián Huato, M. A., Macías, A., Tapia, A. M.,

Parraguirre Lezama, J. F. C., & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*.

<https://doi.org/10.15517/rac.v34i1.6699>

Urrego, L. F. G. (2018a). Evaluación de diferentes tipos de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el municipio de Villanueva Casanare. 59.

Urrego, L. F. G. (2018b). Evaluación de diferentes tipos de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el municipio de Villanueva Casanare. 59.