

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

NADA HUMANO ME ES AJENO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

LICENCIATURA EN PROMOCIÓN DE LA SALUD

**Producción de setas en sustratos de desecho  
como estrategia de promoción de la salud**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADAS EN PROMOCIÓN DE LA SALUD**

P R E S E N T A N :

**LITZY ALEJANDRA FLORES CRUZ**

**EMMA SARAHI ROMERO MOJICA**

**DIRECTORA: DRA. ROCIO GÓMEZ CANSINO**

**CODIRECTORA: DRA. PATRICIA BUSTAMANTE CAMILO**

Ciudad de México, mayo de 2025.

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

#### DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

# AGRADECIMIENTOS

## FLORES CRUZ LITZY LEJANDRA

*Quiero agradecer primeramente a Dios, a mi mamá Yeny Cruz y papá Jose Rivera que me han brindado su apoyo a lo largo de mi vida, sin su ayuda no hubiera llegado hasta aquí, a mi abuelito Alfonso que siempre me daba buenos consejos con sus ocurrencias y me hubiera encantado que estuviera aquí para ver lo que he logrado.*

*A mi amiga Carol que siempre está conmigo apoyándome, dándome todo su cariño y motivación durante toda mi formación profesional.*

*A mi directora de tesis la Dra. Rocio Gómez Cansino por su inmenso apoyo, tanto emocional como profesional, por su dedicación, conocimiento y experiencia, es una persona excepcional y no hay manera de agradecerle todo lo que ha hecho por mí, al Dr. Pablo Claudio Rojas Lara por su paciente y excelente enseñanza en el área estadística, sin él no se hubiera logrado culminar con éxito la parte estadística de este trabajo, profesores como él y la Dra. Rocio hay muy pocos y siempre estaré agradecida por haberlos tenido como guías en este proceso.*

*A Iris y Reyna quienes me ayudaron mucho en este proceso fueron un gran apoyo cuando ya no podía con tanto trabajo, siempre estuvieron alentándome y trabajando conmigo.*

*A mi compañera y amiga Emma quien fue siempre un apoyo en este proceso tan duro para ambas.*

*Y por último Agradezco a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México que me permitieron ser parte de su comunidad estudiantil y de permitirme tener acceso a los diferentes espacios formativos que fueron parte esencial de mi formación y por enseñarme que “Nada humano me es ajeno”*

## AGRADECIMIENTOS

### ROMERO MOJICA EMMA SARAHI

*El principal agradecimiento a Dios.*

*A mi madre Josefina Mojica quién me ha guiado y dado la fortaleza, por su apoyo incondicional, por su confianza y amor infinito, a mi abuelita Catalina Antunez por su amor, apoyo constante y ser mi soporte en mi vida diaria, a mi familia en especial a mis hermanos por su estímulo, comprensión y apoyo a lo largo de mi formación académica y quienes han estado en mis caídas y me han ayudado a superarme.*

*A mi directora de tesis, la Dra. Rocio Gómez Cansino por su experiencia, apoyo, comprensión y paciencia a lo largo de este trabajo, su guía constante me ha motivado a crecer académica y personalmente, no tengo palabras para expresar la inmensa gratitud por su inmenso apoyo. Al Dr. Pablo Claudio Rojas Lara por brindarnos su apoyo, orientación, conocimiento y experiencia en el área estadística, siendo una pieza fundamental en este trabajo. A mis compañeras y amigas que me ayudaron a pasar mi vida académica dentro de esta casa de estudios de manera más amena, en especial a Litzzy, Iris y Reyna por ser mis fieles compañeras en esta etapa tan importante, por involucrarse en el desarrollo de este trabajo y por siempre extender su mano para ayudarme.*

*Finalmente, a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México por brindarme todos los medios necesarios para crecer académica y profesionalmente. Mi gratitud también va dirigida al equipo del Herbario de la UACM quienes me brindaron su apoyo, disposición, confianza y un ambiente de aprendizaje esenciales para la consumación de esta tesis.*

*A todos, gracias por demostrarme que “NADA HUMANO ME ES AJENO”.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
Preguntas de investigación	5
<b>OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
Definición de salud	8
Promoción de la salud	9
Antecedentes históricos de la promoción de la salud	10
Sistema alimentario	11
Seguridad alimentaria	12
Guías alimentarias saludables y sostenibles	13
Alimentos de alto valor nutricional	16
Clasificación taxonómica y generalidades de los hongos del género <i>Pleurotus</i>	17
Sustratos para el cultivo de hongos	20
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
Preparación de medio de cultivo sólido	23
Crecimiento radial	24
Producción micelial en medio líquido a través del peso seco	27
Preparación del inóculo en sorgo	30
Preparación del sustrato	31
Tiempo y rendimiento de la primera fructificación en distintos sustratos por especie	34
Análisis proximal de las setas cultivadas	34
Humedad	34
Ceniza	37
Preparación de las muestras para determinación de azúcares totales	38
Determinación de proteínas por el método de Lowry	40
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>43</b>
Crecimiento radial	43
Velocidad de crecimiento radial en medio sólido	45
Modelos de regresión lineal simple para la velocidad de crecimiento de <i>Pleurotus</i>	47
Producción micelial en medio líquido a través del peso seco	54
Tiempo de fructificación de los hongos en distintos sustratos considerando la especie	57

Cantidad (g) producida en los distintos sustratos por especie de <i>Pleurotus</i>	61
Humedad	65
Ceniza	70
Azúcares totales	75
Proteínas	81
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>87</b>
<b>Perspectivas</b>	<b>90</b>
<b>Referencias</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>104</b>
Desarrollo de la fructificación de las especies de <i>Pleurotus</i> en los distintos sustratos empleados	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Carta de Ottawa para la promoción de la salud.	1
<b>Figura 2</b>	Importancia de las guías alimentarias.	14
<b>Figura 3</b>	Plato del bien comer.	15
<b>Figura 4</b>	Ciclo reproductivo del hongo del género <i>Pleurotus</i> .	19
<b>Figura 5</b>	Estructura del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus djamor</i> .	20
<b>Figura 6</b>	Preparación de placas con PDA.	24
<b>Figura 7</b>	Crecimiento radial de las especies de <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>P djamor</i> , <i>P. citrinopileatus</i> y <i>P. pulmonarius</i> .	25
<b>Figura 8</b>	Preparación de medio líquido para crecimiento micelial.	27
<b>Figura 9</b>	Cuantificación de peso seco del micelio de las especies de <i>Pleurotus</i> .	29
<b>Figura 10</b>	Cultivo de micelio en sorgo.	30
<b>Figura 11</b>	Preparación de los sustratos para el cultivo de hongos.	32
<b>Figura 12</b>	Cultivo de setas bajo sistema de invernadero.	33
<b>Figura 13</b>	Procedimiento para la determinación de humedad de las especies de <i>Pleurotus</i> .	35
<b>Figura 14</b>	Muestra de <i>Pleurotus</i> libre de humedad.	36

<b>Figura 15</b>	Proceso para la obtención de cenizas.	37
<b>Figura 16</b>	Método de obtención de azúcares totales de las especies de <i>Pleurotus</i> .	39
<b>Figura 17</b>	Determinación de proteínas en placa de 96 pozos.	42
<b>Figura 18</b>	Crecimiento radial vs especies de <i>Pleurotus</i> .	44
<b>Figura 19</b>	Velocidad de crecimiento radial vs especies de <i>Pleurotus</i> .	46
<b>Figura 20</b>	Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	48
<b>Figura 21</b>	Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de <i>Pleurotus pulmonarius</i> .	50
<b>Figura 22</b>	Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de <i>Pleurotus citrinopileatus</i> .	51
<b>Figura 23</b>	Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de <i>Pleurotus djamor</i> .	52
<b>Figura 24</b>	Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de <i>Pleurotus djamor</i> empleando el modelo de Michaelis-Menten.	53
<b>Figura 25</b>	Peso seco (g) del micelio por especie de <i>Pleurotus</i> crecida en medio líquido.	54
<b>Figura 26</b>	Prueba de medias múltiples de Tukey para la variable peso seco (g) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	56
<b>Figura 27</b>	Tiempo (días) que tarda el hongo en iniciar la fructificación por especie de <i>Pleurotus</i> .	57

<b>Figura 28</b>	Tiempo (días) que tarda el hongo en iniciar la fructificación por sustrato.	58
<b>Figura 29</b>	Peso (g) de la primera fructificación de las especies de <i>Pleurotus</i> .	61
<b>Figura 30</b>	Peso (g) de los hongos al iniciar la fructificación en los diferentes sustratos.	62
<b>Figura 31</b>	Prueba de medias múltiples de Tukey para el peso de los hongos al iniciar la fructificación.	65
<b>Figura 32</b>	Contenido de humedad (%) de <i>Pleurotus</i> cultivados en cuatro sustratos café, cartón, paja de trigo y combinada.	67
<b>Figura 33</b>	Contenido de humedad (%) en especies de <i>Pleurotus</i> cultivadas en café, cartón, paja de trigo y sustrato combinado.	68
<b>Figura 34</b>	Cantidad de ceniza (%) respecto de los sustratos de cultivo.	72
<b>Figura 35</b>	Contenido de cenizas (%) por especie de <i>Pleurotus</i> .	73
<b>Figura 36</b>	Modelo de regresión lineal simple (RLS) de sacarosa utilizado para cuantificar los azúcares totales en las muestras.	76
<b>Figura 37</b>	Contenido de azúcares totales de <i>Pleurotus</i> por sustrato.	77
<b>Figura 38</b>	Contenido de azúcares totales por especie de <i>Pleurotus</i> .	78

<b>Figura 39</b>	Modelo de regresión lineal simple (RLS) de BSA para cuantificar las proteínas.	82
<b>Figura 40</b>	Contenido de proteínas de <i>Pleurotus</i> por sustrato.	83
<b>Figura 41</b>	Contenido de proteínas por especie de <i>Pleurotus</i> .	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Concentraciones de la curva estándar de sacarosa.	38
<b>Tabla 2</b>	Preparación de la curva estándar de albúmina sérica bovina (BSA).	41
<b>Tabla 3</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable crecimiento radial (cm) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	44
<b>Tabla 4</b>	Prueba de rangos múltiples de Kruskal-Wallis para la variable crecimiento radial (cm) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	45
<b>Tabla 5</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable velocidad de crecimiento radial (cm/día) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	47
<b>Tabla 6</b>	Los modelos obtenidos para determinar la velocidad de crecimiento radial (cm/día) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	53
<b>Tabla 7</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable peso seco (g) de micelio en medio líquido de las especies de <i>Pleurotus</i> .	55
<b>Tabla 8</b>	Prueba de medias múltiples de Tukey para la variable peso seco (g) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	56
<b>Tabla 9</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	59

<b>Tabla 10</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) en los diferentes sustratos.	60
<b>Tabla 11</b>	Prueba de rangos múltiple de Kruskal-Wallis para el tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días).	60
<b>Tabla 12</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable peso (g) de los hongos al iniciar la fructificación de las especies de <i>Pleurotus</i> .	63
<b>Tabla 13</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) en los sustratos utilizados.	64
<b>Tabla 14</b>	Prueba de medias múltiples de Tukey para el peso de los hongos al iniciar la fructificación.	64
<b>Tabla 15</b>	Valor promedio de humedad (%) de los hongos respecto del sustrato y especie.	66
<b>Tabla 16</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de humedad (%) vs sustrato de siembra.	69
<b>Tabla 17</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk del contenido de humedad (%) de las especies de <i>Pleurotus</i> .	69
<b>Tabla 18</b>	Valor promedio de cenizas (%) obtenidas por especie y sustrato del cultivo.	71

<b>Tabla 19</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de cenizas (%) de las distintas especies de <i>Pleurotus</i> considerando el sustrato de cultivo.	74
<b>Tabla 20</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el análisis del contenido de ceniza (%) por especie de <i>Pleurotus</i> .	74
<b>Tabla 21</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tipo de sustrato donde se midió el contenido de azúcares totales de <i>Pleurotus</i> .	79
<b>Tabla 22</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por especie donde se midió el contenido de azúcares totales de <i>Pleurotus</i> .	80
<b>Tabla 23</b>	Contenido de azúcares totales en setas según el sustrato de cultivo.	81
<b>Tabla 24</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tipo de sustrato donde se midió el contenido de proteínas de <i>Pleurotus</i> .	85
<b>Tabla 25</b>	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk donde se midió el contenido de proteínas de <i>Pleurotus</i> .	85
<b>Tabla 26</b>	Contenido promedio de proteínas por sustrato de <i>Pleurotus</i> .	86

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1**

107

## ABREVIATURAS

<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>g</b>	Gramos
<b>mg</b>	Miligramos
<b>µg</b>	Microgramos
<b>mL</b>	Mililitros
<b>µL</b>	Microlitros
<b>L</b>	Litros
<b>PS</b>	Promoción de la Salud
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>w/v</b>	Peso/Volumen
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>Lb</b>	Libras
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Ácido sulfúrico
<b>PDA</b>	Papa Dextrosa y Agar

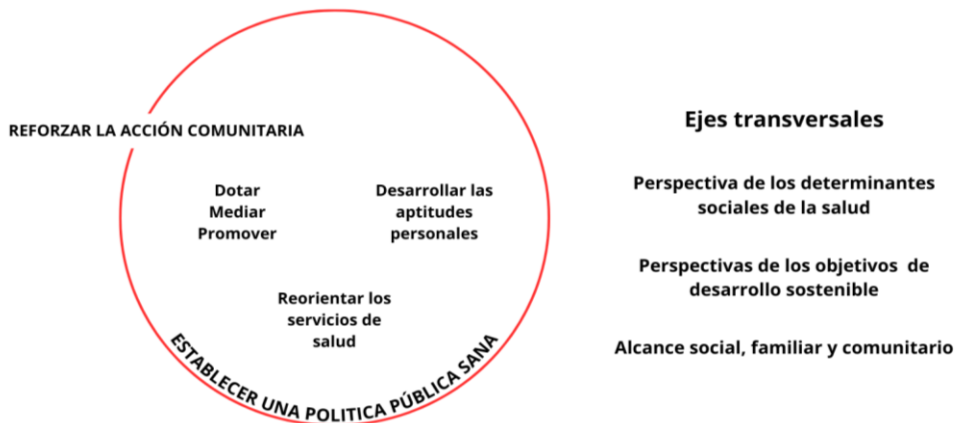
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>Df</b>	Diámetro final de crecimiento
<b>Di</b>	Diámetro inicial de crecimiento
<b>Tf</b>	Tiempo final
<b>Ti</b>	Tiempo inicial
<b>PS</b>	Peso Seco
<b>PF</b>	Peso Fresco
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>h</b>	Horas

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico del siglo XXI y las formas de vida modernas, ejercen estrés sobre los recursos naturales para poder satisfacer las necesidades nutricionales de una población numerosa con acceso a alimentos procesados y ultra procesados, por lo que desde la perspectiva de la promoción de la salud, la disponibilidad y seguridad alimentaria son un aspecto fundamental para promover la producción y distribución mundial de alimentos y explorar las complejidades que implican garantizar que la población tenga acceso a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes (Banco Mundial, 2024); en este sentido la promoción de la salud desde la conceptualización de la carta de Ottawa debe entenderse como la labor que promueve la salud y reduce las desigualdades y cuya naturaleza empoderadora, participativa, holística, intersectorial, equitativa, sostenible y multidisciplinar en sus estrategias (ver figura 1), tomando como eje transversal la perspectiva de los determinantes sociales de la salud, desarrollo sostenible con un alcance social, familiar y comunitario (OMS, 1986).

### Figura 1.

*Carta de Ottawa para la promoción de la Salud*



Nota. Esta figura esquematiza la conceptualización de la carta de Ottawa propuesta por la OMS, 1986.

Sin embargo, con base en la carta de Okanagan (2015) en donde las universidades a través de sus programas de educación superior tienen la oportunidad y responsabilidad de proporcionar educación transformadora, involucrando la participación de los estudiantes para el desarrollo de nuevos conocimientos, así como de su comprensión, al predicar con el ejemplo y defender sus decisiones en beneficio de la sociedad, este trabajo toma acciones desde la promoción de la salud para generar, compartir e implementar conocimientos que coadyuven en mejorar la salud de personas y comunidades mediante el desarrollo de habilidades para el cultivo de hongos comestibles, que garantice la disponibilidad de alimentos así como la selección de alternativas para una alimentación saludable, con base en la producción de hongos en sustratos de desecho como estrategia para mejorar la disponibilidad de alimentos, tomando en consideración los beneficios y limitaciones del cultivo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2024) reportó en marzo del 2024, que en México el incremento en la línea de pobreza por ingresos fue del 4.7 % en el ámbito urbano, superior a la inflación ya que el valor de la canasta alimentaria urbana incrementó 5.7 % anual, por lo que la disponibilidad y seguridad alimentaria diaria es más difícil de alcanzar.

Por otro lado, Bertran (2010) mencionó que la alimentación está influenciada por diversos factores destacando la disponibilidad y accesibilidad de alimentos, horarios de trabajo, organización del tiempo, cuidado de los hijos, exposición a alimentos nuevos, ideas sobre alimentación y salud que emiten los medios de comunicación, entre otros.

En México la alimentación y selección de los alimentos es uno de los ejemplos más claros del cambio a lo largo de los años, dejando de lado el modelo de alimentación mesoamericana saludable y culturalmente pertinente, olvidando la importancia que tienen los alimentos que forman parte de nuestra identidad nacional como son el maíz, el frijol, el chile, la calabaza (“Dieta de la Milpa”) así como el consumo de hongos desde la época prehispánica.

En las últimas décadas, México ha sufrido la transformación de los patrones de consumo de alimentos, estilos de vida y aumento de la esperanza de vida, en donde se ha incrementado el consumo elevado de alimentos ricos en colesterol, grasas saturadas, azúcares y sodio, entre otros, cambios que se asocian al aumento de enfermedades crónicas relacionadas con la nutrición, como la diabetes, obesidad, síndrome metabólico, la insuficiencia renal, enfermedades de la mujer, del adulto mayor, entre otras.

En el año 2016 se emitieron declaratorias de emergencia epidemiológica (EE-3-2016 y EE-4-2016) por el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE) de la Secretaría de Salud (Ibarra, 2016), ante el aumento de sobrepeso, obesidad y diabetes mellitus en donde 6.4 millones de adultos fueron diagnosticados con diabetes al alcanzar el 6° lugar mundial (11.5 millones casos) y sólo el 25 % de ellos con evidencia de control metabólico adecuado (ENSANUT, 2012). Para el año 2013 se alcanzó el primer lugar en diabetes y obesidad siendo la principal causa de muerte en México, también se atribuyeron casos de ceguera como la principal consecuencia de diabetes, enfermedades cardiovasculares, insuficiencia renal y amputación de miembros inferiores. Finalmente, los costos en salud fueron mayores de 85 mil millones de pesos anuales a causa de la diabetes asociada con sobrepeso y obesidad. La ENSANUT (2018) destacó que en los hogares mexicanos se presentó inseguridad alimentaria moderada y severa (22.6 %), con una prevalencia (28.9 %) mayor en zonas rurales mientras que la prevalencia de sobrepeso y obesidad de la población de 5 a 11 años en el 2012 (34.41 %) aumentando el 1.19 % (35.6 %) en el 2018. Por lo que en este proyecto se busca implementar el cultivo de hongos seta en sustratos de desecho para evaluar la calidad nutricional del alimento y generar estrategias para garantizar la disponibilidad alimentaria en comunidades, al dotar de habilidades a la población que permita desde la promoción de la salud mejorar la calidad de vida tanto en lo individual, así como en lo colectivo.

## **Preguntas de investigación**

¿Es posible que los hongos del género *Pleurotus* crezcan en residuos como café y cartón?

¿La producción de setas es una alternativa para la disponibilidad alimentaria?

¿La calidad nutricional de los hongos del género *Pleurotus* se modifica dependiendo el sustrato de crecimiento?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Producir setas en sustratos de desecho como estrategia de Promoción de la Salud

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar el crecimiento radial y la velocidad de crecimiento en medio sólido de cuatro especies del género *Pleurotus*.
2. Determinar la producción micelial de las especies de *Pleurotus* en medio líquido.
3. Determinar el rendimiento de la producción de los hongos del género *Pleurotus* sobre paja de trigo, residuos de café y cartón.
4. Evaluar la calidad nutricional de los hongos del género *Pleurotus* producidos en diferentes sustratos.

## JUSTIFICACIÓN

Los hongos comestibles se caracterizan por tener un nivel nutricional elevado, con bajo nivel calórico y alto valor proteico, fibra, vitaminas A y B, hierro, calcio, potasio y bajo contenido en carbohidratos, entre otros elementos necesarios para una alimentación balanceada. Dentro de estos, los hongos del género *Pleurotus* se caracterizan por tener una producción de bajo costo, debido a su rápida adaptabilidad y productividad. Además, tienen la habilidad de desarrollarse en diferentes residuos orgánicos, como: la viruta de la industria maderera, residuos vegetales de cereales, bagazo de caña de azúcar, rastrojos de maíz, cáscaras de oleaginosas (soya, frijol gandul, maní y pseudotallo de plátano) los cuales contienen carbohidratos (celulosa y hemicelulosa) así como compuestos nitrogenados y minerales que proporcionan los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo (Vargas et al., 2012). Actualmente la producción de setas es una estrategia para obtener alimento de alto valor nutricional para la población, sin embargo, los métodos tradicionales de cultivo requieren de una inversión poco asequible. Por lo que este proyecto plantea aprovechar los residuos lignocelulósicos como fuente de carbono para el crecimiento del hongo y así disminuir los costos del cultivo. Por otra parte, el desarrollo de técnicas económicas de cultivo de hongos puede ser utilizada como estrategia de la Promoción de la Salud que garantice la disponibilidad alimentaria y dote a las personas de habilidades para la producción de alimentos. Por ende, la importancia de esta investigación radica en el uso de recursos reciclables con impacto ambiental para la producción de un alimento rico en nutrientes como alternativa de alimentación sustentable a nivel nutricional.

## MARCO TEÓRICO

### Definición de salud

A mediados del siglo XIX la medicina social tomó un papel importante, sobre la importancia entre el estado de la salud de la población y las condiciones de vida en las que está era sometida, donde la salud tiene dos partes la primera parte es social y la segunda es la composición biológica (Restrepo y Málaga, 2001), el término ha tenido discusiones para poderla definir y que sea apta para su aplicación en todos los campos de estudio.

La OMS define a la salud como:

*"Estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencias" (PAHO, 1978).*

La definición por parte de la OMS ha sido debatida, al hablar de un “completo bienestar”, meta difícil de alcanzar, ya que las personas experimentan cambios en cada etapa de su vida y no se abordan todos los aspectos de la vida de cada individuo. Por otro lado, Chapela-Mendoza (2017), define a la salud como “La capacidad humana corporeizada, para crear futuros viables, donde las personas nacen con las mismas capacidades y dependen de funciones biológicas, de símbolos y significados”, por lo que la salud no es un parámetro medible para su evaluación por igual, debido a los determinantes sociales en el sentido que las desigualdades e inequidades sociales, juegan un papel importante para acceder a cualquier servicio y así poder satisfacer sus necesidades básicas, así mismo, también debemos entender al “Bienestar” como un estado en el que una persona puede realizar sus propias habilidades y puede hacer frente óptimo en el ámbito físico, social y psicológico (Cruz, Ibañez y Flores. 2023).

## **Promoción de la salud**

La Promoción de la salud de acuerdo con Restrepo y Málaga (2001) se define como un concepto holístico positivo en el cual se integra todo lo que caracteriza el bienestar humano, hace una unión entre las necesidades básicas y el derecho a las aspiraciones.

En respuesta a la demanda de salud pública a nivel mundial, se han realizado conferencias internacionales de Promoción de la salud desde 1986 en Ottawa Canadá siendo esta la Primera Conferencia Internacional de Promoción de la salud, en donde se emite una carta dirigida para el conseguimiento del objetivo: “Salud para todos en el año 2000” en donde se define que la Promoción de la salud consiste en proporcionar a la población los medios necesarios para mejorar la salud y ejercer un mayor control sobre ésta, para alcanzar un estado adecuado de bienestar físico, mental y social, un individuo o grupo debe de ser capaz de identificar y realizar sus aspiraciones, de satisfacer sus necesidades y de cambiar o adaptarse al ambiente”(OMS, 1986).

Por otra parte, dentro de los requisitos para la salud, la carta de Ottawa reconoce los siguientes: paz, educación, vivienda, alimentación, ingreso, ecosistema estable, justicia social y equidad; y define cinco áreas de acción para elaborar una política pública sana:

1. Creación de ambientes favorables
2. Reforzamiento de la acción comunitaria
3. Desarrollo de aptitudes personales
4. Reorientación de los servicios de salud
5. Desarrollo de políticas públicas saludables

Centrándose el presente trabajo en fortalecer acciones que a corto plazo permitan el desarrollo de aptitudes personales.

## **Antecedentes históricos de la promoción de la salud**

A Partir del informe Lalonde presentado por el ministro de salud de Canadá Marc Lalonde en 1974 titulado *Una nueva perspectiva sobre la salud de los canadienses* se identificaron cuatro factores que determinan el estado de salud de los individuos (Lalonde, 1974), entre los que destacan:

- El estilo de vida (40 %) el cual incluye factores como el tabaquismo, la dieta, ejercicio y estrés.
- Factores biológicos (20 %) como la genética y la biología molecular.
- Factores ambientales y entorno (20 %) como calidad del aire y del agua, exposición a sustancias tóxicas y la seguridad laboral.
- La organización de los sistemas de salud (20 %) incluye factores como el acceso a la atención médica, calidad de la atención e incluso la eficiencia del sistema de salud.

Sin embargo, en 1978 la declaración de Alma-Ata generó un parteaguas para la salud pública, en donde, se reconoce la importancia de la atención primaria de salud (APS) como una herramienta primordial para lograr una cobertura universal de salud, estableciendo la atención primaria (AP) como la estrategia más importante para llegar a la meta “Salud para todos en el año 2000”, lo anterior contribuyó a la organización de 10 conferencias internacionales a la fecha entre las que se destacan por su relación con el presente trabajo la primera, tercera y novena conferencia.

**La primera conferencia (Ottawa Canadá, 1986).** Destacó “Salud para todos en el año 2000” se llevó a cabo gracias a la respuesta a las necesidades expresadas en Alma-Ata y en el informe Lalonde (1974); destacando cinco áreas de acción para crear una política pública: creación de ambientes favorables, el reforzamiento de la acción comunitaria, desarrollo de aptitudes personales, reorientación de los servicios de salud y desarrollo de políticas públicas saludables (OMS, 1986).

**La tercera conferencia (Sundsvall Suecia, 1991).** Se enfocó en la importancia de crear entornos saludables y proponer estrategias para llevarlo a cabo. Abordando los determinantes de la salud como la política, economía, educación y medio ambiente; se enfocó en los entornos saludables para su creación, promover la participación ciudadana de la población sobre la planificación y toma de decisiones sobre PS. Esta conferencia sentó las bases para la creación de políticas y programas que buscan crear entornos saludables, promover la salud y bienestar de las personas (World Health Organization,1991).

**La novena conferencia (Shanghai China, 2016).** Se reafirmó la salud como un derecho universal, una prioridad política para todos los países y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), al reconocer los determinantes sanitarios de salud e invertir en su desarrollo; formular, aplicar y dar seguimiento de las estrategias intersectoriales nacional y local, reforzar los conocimientos sanitarios y entornos educativos, control sobre su salud a través de la alimentación y tecnología digital, promover elecciones saludables mediante políticas de fijación de precios, información transparente y un etiquetado claro (OMS, 2016).

### **Sistema alimentario**

Es un conjunto de elementos que intervienen en la producción, transformación, distribución, comercialización, consumo y gestión de los residuos de alimentos, que pueden ser desde locales (zona geográfica específica), regionales (alimentos se produce en una región y se consumen en otra) y globales (alimentos se produce en un país y se consumen en otro).

En la actualidad el sistema alimentario tiene un impacto significativo para la salud de las personas, medio ambiente y economía, el gran desafío es garantizar una alimentación sana y sostenible para todos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 2019).

## **Seguridad alimentaria**

En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (FAO, 1996) se definió a la seguridad alimentaria como la situación en la que todas las personas tienen acceso físico, social y económico a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades alimenticias y desarrollar una vida saludable. Camberos-Castro (2000 p. 50) mencionó que la alimentación se convierte en una cuestión cultural en la medida en que se conjugan aspectos nutricionales con placeres de la mesa, aspecto que obliga a una clasificación de los alimentos más compleja y a la creación de patrones alimentarios y dietarios y determina que “Los habitantes de cada país del mundo apoyan su alimentación en un grano básico: ya sea arroz, maíz, trigo o mijo”.

De acuerdo con la FAO (2011) los principales componentes de la Seguridad Alimentaria son la disponibilidad y la accesibilidad, la **disponibilidad** de alimentos es la existencia de cantidades suficientes y calidad adecuada; a nivel local o nacional, suministrados a través de la producción del país o de las importaciones (incluida la ayuda alimentaria). Para sus estimaciones se han de tener en cuenta las pérdidas post-cosecha y las exportaciones, mientras que la **accesibilidad** a los alimentos consiste en que las personas puedan adquirir alimentos apropiados y una alimentación nutritiva.

La falta de acceso y control es frecuentemente la causa de la inseguridad alimentaria y puede tener un origen físico cuando la cantidad de alimentos es insuficiente debido a varios factores, como el aislamiento de la población, la falta de infraestructura, entre otras, o económica cuando hay carencia de recursos financieros para comprarlos debido a los elevados precios o a los bajos ingresos.

La seguridad alimentaria y nutricional en México presenta un panorama de grandes contrastes. Si bien la oferta de energía alimentaria disponible en México sobrepasa los requerimientos para cubrir la demanda, las fuertes deficiencias en el acceso originan un panorama heterogéneo de grandes carencias que requiere de intervenciones focalizadas en ciertos grupos de población y en ciertas regiones (Urquía-Fernández, 2014).

Los últimos datos publicados por el Instituto Nacional de Salud Pública indican que más de la cuarta parte de los mexicanos tiene acceso deficiente a la alimentación, por lo que es importante tomar acciones desde la promoción de la salud para fomentar la auto sustentabilidad de las familias en la producción de alimentos.

### **Guías alimentarias saludables y sostenibles**

Son herramientas que permiten mejorar la alimentación de las personas sin generar daño al ambiente, tienen por objeto servir como base para la formulación de políticas nacionales en materia de alimentación y nutrición, salud y agricultura, así como de programas de educación nutricional destinados a fomentar hábitos de alimentación y modos de vida sanos (ver figura 2). En las guías alimentarias se ofrece al público en general recomendaciones sobre alimentos, grupos de alimentos y modelos alimentarios que proporcionan los nutrientes fundamentales con el propósito de fomentar la salud en general y prevenir las enfermedades crónicas, dichas guías surgen por las necesidades de la sociedad y en México son una alternativa para contrarrestar el sobrepeso, obesidad, desnutrición, así como enfermedades crónicas que promueven el desarrollo del síndrome metabólico (Secretaría del campo, 2023).

**Figura 2.**

*Importancia de las guías alimentarias*



Nota. La figura describe la importancia de las guías alimentarias como parte de las políticas públicas, tomado de SSA, INSP, UNICEF. 2023 Guías alimentarias saludables y sostenibles para la población mexicana.

La NOM-043-SSA2, (2012) Servicios básicos de salud, promoción y educación para la salud en materia alimentaria, criterios para brindar orientación. Establece criterios generales que unifican y dan congruencia a la orientación alimentaria para brindar a la población, opciones prácticas de alimentos con respaldo científico, para la integración de una alimentación correcta que pueda adecuarse a sus necesidades y posibilidades.

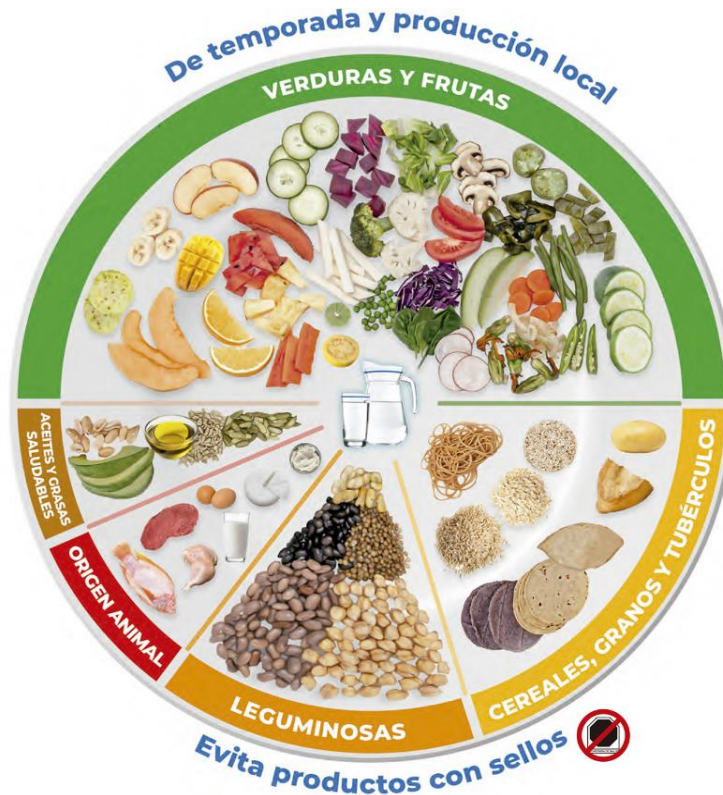
En este sentido, la norma describe el "Plato del Bien Comer" que clasifica a los alimentos en tres grupos, sin embargo, a finales de 2023 el número de grupos se modificó a cinco (ver figura 3), entre los que se encuentran:

- 1) Frutas y verduras

- 2) Cereales, granos y tubérculos
- 3) Leguminosas
- 4) Alimentos de origen animal
- 5) Aceites y grasas saludables

**Figura 3.**

*Plato del bien comer*



Nota. La figura representa el plato del bien comer publicado en el Diario Oficial de la Federación, 2023.

De tal manera que el plato del bien comer distribuye a los alimentos en cinco grupos y define que para una dieta correcta debe ser **completa** si contiene alimentos de todos los grupos del plato del bien comer, **equilibrada** siempre y cuando los nutrientes guarden las proporciones correctas entre sí, **suficiente** si se cubren las necesidades de todos los nutrimentos, de tal manera que las personas en edad adulta tengan una buena nutrición y un peso saludable y en el caso de las infancias, que

favorezca su crecimiento y desarrollo de forma adecuada, **variada** siempre que de una comida a otra se incluyan alimentos diferentes de cada grupo, **adecuada** siempre y cuando la dieta esté acorde con los gustos y la cultura de quien la consume y ajustada a sus recursos económicos, sin que ello signifique que deban sacrificarse otras características e **inocua** si su consumo habitual no implica riesgos para la salud, es decir que esté exenta de microorganismos patógenos, toxinas, contaminantes, que sea mesurada y que no aporte cantidades excesivas de ningún componente o nutrimento (NOM-043-SSA2-2012).

### **Alimentos de alto valor nutricional**

Un alimento de alto valor nutricional es aquel que aporta un alto contenido de macronutrientes y micronutrientes, los macronutrientes incluyen hidratos de carbono, proteínas y lípidos (Institutos Nacionales de la Salud, 2022). Entre los alimentos con alto contenido de proteínas se encuentran: las setas, la proteína de suero en polvo, lomo embuchado, atún en lata, pechuga de pollo, lomo de cerdo, filete de ternera, queso parmesano, salchichón, chorizo, lentejas, entre otros (Clínica Universidad de Navarra, CUN, 2024). Por otra parte, los micronutrientes incluyen a las vitaminas y minerales, a continuación, se enlistan ejemplos de alimentos ricos en vitaminas. Vitamina A: leche, hígado, las frutas y verduras de color anaranjado y las verduras de hojas verde oscuro, como la col y la espinaca.

Vitamina B1 (tiamina): granos de cereales y semillas, tomate, atún y carne.

Vitamina B2 (riboflavina): hortalizas verdes, carne, huevo, almendras y espinacas.

Vitamina B9 (ácido fólico): cereales, vegetales verdes, naranja, kiwi, guayaba, plátano, legumbres y vísceras de animales.

Vitamina B12 (cobalamina): carne, huevos, mariscos y leche.

Vitamina C: frutas frescas, cítricos y verduras.

Vitamina D: aceite de hígado de pescado.

Vitamina E: yema de huevo, frutos secos y aceites vegetales.

Vitamina K: brócoli, tomate, coliflor, espinaca.

En este contexto las setas son consideradas un alimento de alto valor nutricional y se les cataloga como la carne vegetal, porque presenta el doble del contenido proteico que los vegetales tradicionales, contiene un elevado contenido de vitaminas B1, B2, B6, B12, C, ácido nicotínico, ácido fólico y tocoferol y actúa como fuente importante de calcio y fósforo, además, contiene ácidos grasos esenciales como el oleico, palmítico y linoleico (Magdaleno, 2013).

### **Clasificación taxonómica y generalidades de los hongos del género *Pleurotus***

Hongo saprófito de la familia *Pleurotaceae*, considerado algunas veces un parásito que crece principalmente sobre sustratos lignocelulósicos vivos o muertos, pobres en nutrientes y con bajos niveles de minerales y vitaminas. El carpóforo o sombrerillo de la seta es redondeado, el color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo y en ocasiones rosa o amarilla conforme su desarrollo.

En la parte inferior del sombrerillo, hay unas laminillas dispuestas radialmente, que van desde el pie o tallo hasta el borde, son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o cremas, a veces bifurcadas, en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Las esporas son pequeñas que en gran número forman masas de polvo o espóradadas, de color blanco con cierto tono lila grisáceo (Cruz et al., 2010). Su origen proviene de la palabra griega “*Pleuro*” que significa formado lateralmente o posición lateral del tallo, pertenece al reino Fungi proviene de la palabra griega “*Pleuro*” que significa formado lateralmente o posición lateral del tallo, pertenece al reino

Fungi, división Basidiomycota, subdivisión Basidiomycotina, clase Homobasidiomycetes, pertenece al género *Pleurotus*, Familia Pleurotaceae, cuenta con 202 especies (Chauhan-Ashok, 2009).

En el presente trabajo se estudiaron las siguientes: *Pleurotus djamor* (Boedijin, 1959), *Pleurotus ostreatus* (Kumm, 1971), *Pleurotus pulmonarius* (Quél, 1872) y *Pleurotus citrinopileatus* (Singer, 1942).

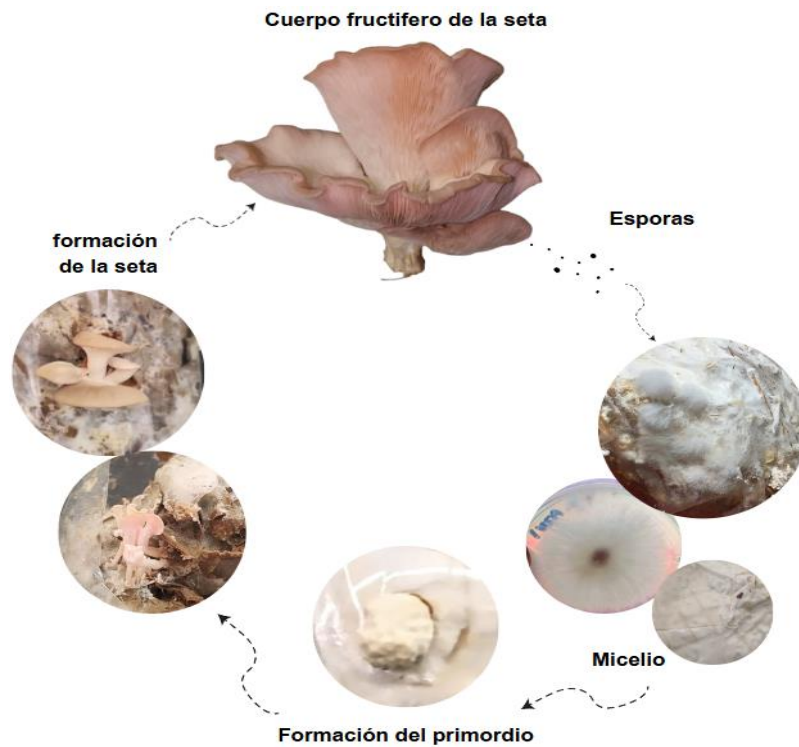
**Nombres comunes:** Seta de ostra, concha, conchoideo. gírgola. champiñón ostra, belarri landu (eusk.), orellana, orellanes, auriana, clopisans, bolet d'orella, ping gu (chino, hongo plano).

**Reproducción:** Los hongos setas son saprofitos, crecen en bosques tropicales hasta bosques caducifolios tienen preferencia por maderas de encinos, sauces y oyamel, pero también se pueden reproducir en tierra o en sustratos lignocelulósicos generalmente de uso secundario de la agricultura. Su ciclo reproductivo comienza con la liberación de esporas, éstas forman hifas que en su conjunto reciben el nombre de micelio, del cual, al estar en contacto con un sustrato lignocelulósico y en condiciones de humedad (60-90 %), temperatura (24-29 °C) y luminosidad adecuados dan origen a los primordios en su etapa de fructificación.

Los primordios se desarrollan para formar el cuerpo fructífero del hongo también llamado carpóforo (ver figura 4) que mide entre 5-20 cm y es aplanado con forma de ostra o concha marina, bordes irregulares y márgenes enrollados (Contreras-Trujano y Flores-Montes, 2017).

#### Figura 4.

Ciclo reproductivo del hongo del género *Pleurotus*

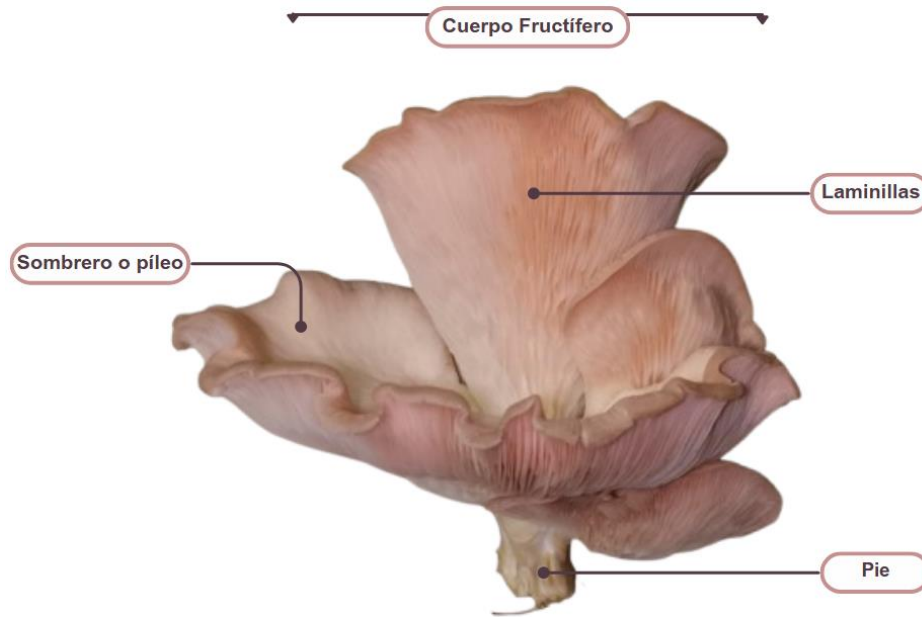


Nota. La figura esquematiza el ciclo reproductivo de los hongos del género *Pleurotus*.

Crece formando grandes flotas o grupos, con sus sombreros imbricados. Es de color gris plomo, pardo-azulado o pardo-oscuro, que se aclara al envejecer. Láminas largas, desiguales, recurrentes que tienden a reunirse en la base, apretadas, delgadas, con lamélulas de color blanco-crema claro, el pie es muy corto y grueso (ver figura 5) a veces lateral o excéntrico y otras veces, nulo, la carne es blanca, firme, espesa, de olor intenso y sabor agradable, aunque poco definido (López-Sánchez, 2022). La fructificación en el ambiente es de primavera a otoño, sin embargo, la producción de este hongo puede realizarse bajo sistemas biotecnológicos durante todo el año.

## Figura 5.

### *Estructura del cuerpo fructífero de Pleurotus djamor*



Nota. La imagen esquematiza la estructura de *Pleurotus djamor* cultivada en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad, UACM.

## Sustratos para el cultivo de hongos

Las especies del género *Pleurotus* son saprófitos que crecen en madera muerta y otros sustratos ricos en lignina y celulosa, pueden cultivarse en una variedad de diferentes desechos agroindustriales que contienen lignocelulosa, incluidos paja de trigo, paja de soja, tallos de algodón, mazorcas de maíz y otros desechos. Sin embargo, para fines comerciales, la paja y el aserrín son los sustratos preferidos. Por lo general, estos se pasteurizan o esterilizan antes de su uso (Carrasco-Cabrera et al., 2019). Debido al alto contenido lignocelulósico de los residuos agroforestales, son considerados una fuente de recuperación energética y los hongos tienen la capacidad de utilizar este tipo de residuos, por su capacidad enzimática, como fuente de nutrientes (Agapito-Ocampo, 2021).

Los residuos lignocelulósicos, son muy abundantes en la naturaleza, ya que forman las paredes celulares de los vegetales y están constituidos por celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina, las enzimas involucradas son, entonces, celulasas, hemicelulasas, pectinasas y ligninasas. Todas ellas tienen aplicaciones en la sacarificación de materiales lignocelulósicos, industria textil y alimentaria, por su baja especificidad y su fuerte capacidad oxidativa, las ligninasas pueden degradar diversos contaminantes aromáticos, de este modo ser utilizadas en procesos de biorremediación (Olivella, 2011). Para lograr una agricultura sostenible, la producción de hongos ha mostrado ser parte importante del reciclado de productos y sus desechos, sus enzimas transforman los sustratos y lo convierten en útil para su posterior uso (Martínez-Sáez et al., 2022)

Entre los residuos lignocelulósicos más comunes y de bajo costo se encuentran el papel, cartón, la borra de café y los residuos de la agricultura, el cartón se fabrica con fibras de celulosa procedentes de los árboles (Holmen Iggesund LinkedIn, 2023). En México al año se desechan 2.7 millones de toneladas de papel y cartón que no son recuperables y que representan el 40 % del cartón que se utiliza actualmente en el país, (Cámara Nacional de la industria de la celulosa y el papel, 2012). Por otra parte, en México al año se producen 18 toneladas de residuos por el consumo de café, la borra del café es una matriz heterogénea que, además de celulosa, hemicelulosa y lignina, también contienen compuestos de alto valor agregado como ácidos grasos y antioxidantes, los cuales podrían extraerse y utilizarse para aplicaciones cosméticas, alimentarias y bioenergéticas (Battista et al., 2020; Terán-Rivera et al., 2023).

Entre los residuos producidos por la agricultura, las pajas de cereales o rastrojos son empleadas como forrajes para la ganadería por ser ricas en proteínas y minerales que están asociados a la pared celular, contienen un 72 % de fibra no digerible distribuida en un 38 % de celulosa, un 25 % de hemicelulosa, un 8 % de lignina y un 0.2 % de cutina. Las dos primeras son potencialmente

fermentables por la flora digestiva de los animales, pero su degradación se ve limitada por la estructura cristalina de la celulosa y por la existencia de enlaces covalentes con la lignina (Blas et al., 2019). En México los rastrojos representan 24 % de la materia seca (MS) disponible para el consumo animal que equivale a una producción de 37 mil toneladas anuales (Reyes-Muro et al., 2013).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El trabajo fue experimental, longitudinal, comparativo y prospectivo y se realizó en el laboratorio de biología y química, así como en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad de la UACM. Los experimentos se diseñaron en dos etapas:

**Primera etapa**, producción micelial de las especies del género *Pleurotus* en medio de cultivo sólido la cual se evaluó considerando el crecimiento radial (cm/día) y la velocidad de crecimiento (cm/día) de acuerdo con Botello-Cabrera (2017). El crecimiento en medio líquido del hongo se evaluó a través de la biomasa de micelio producido (peso seco, g).

**Segunda etapa**, evaluación de la producción, fructificación (g), la evaluación de la calidad nutricional, porcentaje de humedad del hongo (%), porcentaje de materia orgánica (cenizas, %), azúcares totales (g/100 g de peso fresco) y cuantificación de proteína (g/100 g de peso fresco) en cada uno de los sustratos agroindustriales (café, cartón, paja y combinada, es decir, la mezcla de café y cartón).

Se elaboró la base de datos en el programa de Office Excel 2007, para el análisis de los datos se utilizó el programa R versión 4.4.2.

### **Preparación de medio de cultivo sólido**

La preparación del medio de cultivo Agar Dextrosa Papa (PDA) se realizó de acuerdo con las especificaciones del marbete, se ajustó el pH a 5.0 con HCl 1 N y se esterilizó en una autoclave Yamato SM200 ® a 15 libras (Lb) de presión, 120 °C por 15 min y posteriormente, se colocó en cajas Petri de 60 mm x 15 mm en una cabina de bioseguridad nivel 2, 1300 series A2, ThermoScientific ® (ver figura 6). Las placas se almacenaron en refrigeración a 4 °C hasta su uso.

## Figura 6.

### *Preparación de placas con PDA*



Nota: La imagen muestra el vertido de agar en placa y el proceso de enfriamiento en cabina de bioseguridad realizado en las instalaciones del laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad en abril del 2024.

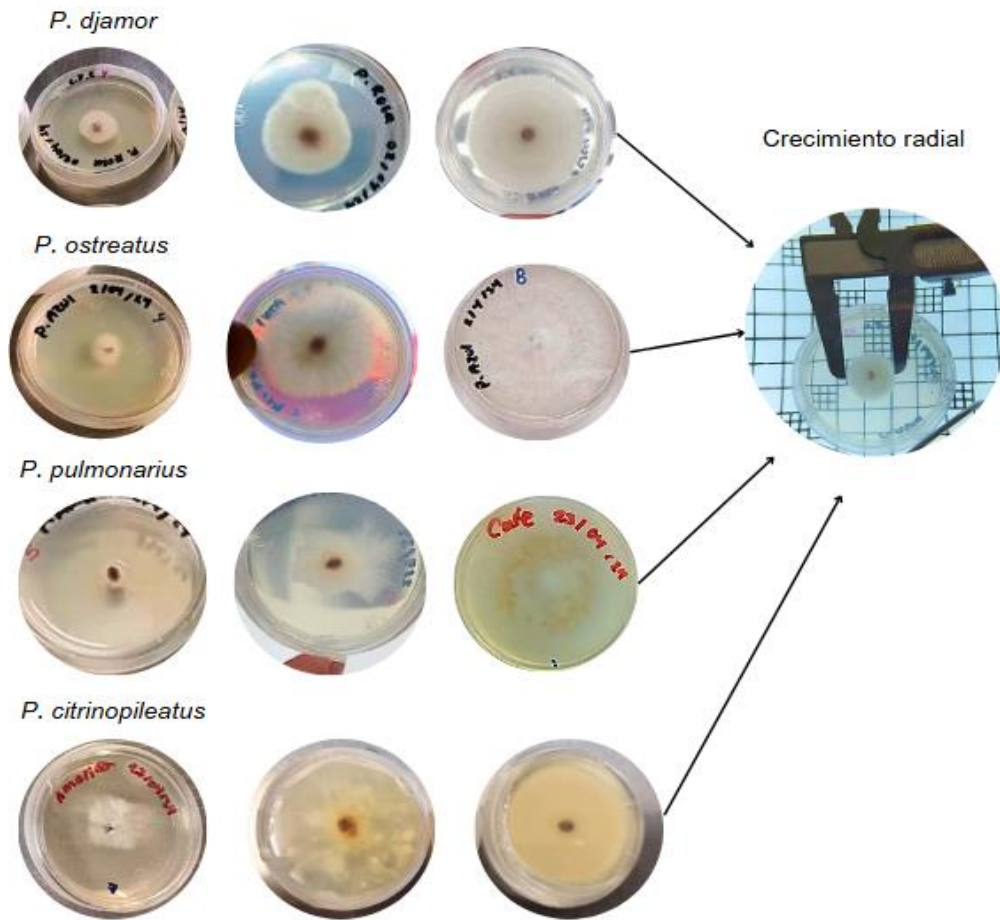
### **Crecimiento radial**

Las especies del género *Pleurotus* (*P. ostreatus*, *P. djamor*, *P. citrinopileatus* y *P. pulmonarius*) fueron adquiridas de manera comercial en la empresa AAC BIOLAB ®, y activadas en medio de cultivo sólido, utilizando como soporte sorgo (estéril) y placas de PDA a partir de un grano de sorgo con micelio colocado en el centro de la placa (n=10) para cada especie, las placas se incubaron en un horno Felisa ® a 37 °C por 7 días.

Con ayuda de un vernier PRETUL ® de 5 pulgadas, se midió el crecimiento radial por día durante siete días para *P. pulmonarius* y *P. ostreatus*, mientras que para *P. citrinopileatus* fueron 18 días y por último 30 días para *P. djamor* (ver figura 7).

**Figura 7.**

*Crecimiento radial de las especies de Pleurotus ostreatus, P. djamor, P. citrinopileatus y P. pulmonarius*



Nota. Toma de medidas del crecimiento radial en placa, n=10 por especie realizado en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad en abril del 2024.

Para evaluar las diferencias estadísticas significativas en el crecimiento radial entre las especies de *Pleurotus*, se determinó si se realizaba una prueba paramétrica como es el análisis de varianza de una vía o una prueba no paramétrica para una vía de Kruskal-Wallis, se valoraron las pruebas de Shapiro-Wilk para saber si los datos presentaban distribución normal, así como de Fligner-Killeen, Levene y Bartlett, que permitieron evaluar si los datos mostraban homocedasticidad.

En caso de que se rechazara que las especies tenían el mismo efecto se utilizó la prueba de Tukey como prueba paramétrica o la prueba de comparación de rangos múltiple de Kruskal-Wallis como prueba no paramétrica ( $p < 0.05$ ).

A partir de los resultados del crecimiento radial (cm/día), se calculó la velocidad de crecimiento micelial a partir de una  $n$  de 6 para cada especie con ayuda de la fórmula propuesta por Botello-Cabrera (2017).

$$VC = \frac{Df - Di}{Tf - Ti} \times 100$$

Donde:

VC = velocidad de crecimiento micelial (cm/día)

Df = diámetro (cm) final de crecimiento

Di = diámetro (cm) inicial de crecimiento

Ti = tiempo inicial (días) de crecimiento micelial (cm)

Tf = tiempo final (días) de crecimiento micelial (cm)

Posteriormente se obtuvieron los modelos de regresión lineal simple (RLS) para cada especie valorando si el modelo explica la velocidad de crecimiento a través del tiempo considerando el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), análisis de varianza para probar si la pendiente era diferente a cero ( $p < 0.05$ ) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). En el caso de que el modelo RLS no fuera adecuado se utilizó el modelo no lineal de Michaelis-Menten linealizado.

## Producción micelial en medio líquido a través del peso seco

Para la preparación del caldo dextrosa papa, se utilizaron 250 g de papa blanca cortada en cubos, la cual se colocó en una olla con 3 L de agua purificada y se llevó a ebullición, el líquido obtenido se filtró con papel filtro de cafetera del número 12 y el líquido filtrado se colocó en un vaso de precipitado de vidrio pyrex (1L) para ser mezclado con 20 g de dextrosa utilizando una parrilla de calentamiento con agitación Thermo scientific® y una barra magnética. Posteriormente el caldo preparado se vertió en frascos de 16 onzas y fueron esterilizados en una autoclave Yamato SM200® a 15 libras (Lb) de presión, 120 °C x 15 min. (ver figura 8)

### Figura 8.

*Preparación de medio líquido para crecimiento micelial*



Nota. Se esquematiza el proceso de preparación y crecimiento del micelio en medio líquido de cada especie realizado en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad en mayo del 2024.

Para la inoculación del medio líquido se adaptaron por especie 5 frascos marca Luvan® tipo Mason Jar con un filtro de 0.45 µm y puerto de inyección de clorobutilo (n=5), a cada uno se les colocó 250 mL del caldo dextrosa papa, fueron pesados antes de ser inoculados en una báscula electrónica TORREY L-EQ 5/10 ®. Para el inóculo se utilizaron 3 mL de agua destilada estéril y el micelio contenido en una caja petri de 60 x 15 mm, estos dos se homogeneizaron con la ayuda de un vortex Genie 2 Scientific Industries ® y se les inyectó 2 mL de esta homogeneización a cada uno de los frascos, posteriormente se incubaron en un horno Felisa ® a 28 °C por 30 días (ver figura 8).

Transcurridos los 30 días de incubación se filtró el medio líquido que contenía el micelio (g) producido con papel filtro de cafetera del número 12 colectando el medio de cultivo en un vaso de precipitados de vidrio pyrex (50 mL), se pesó el micelio filtrado en una báscula electrónica TORREY L-EQ 5/10 ® para posteriormente ser secado por 8 días en un horno Felisa ® a 60 °C con la finalidad de obtener el peso seco del micelio (ver figura 9). La cantidad de micelio (g) producido se determinó a partir del peso seco (%) empleando la fórmula propuesta por Botello-Cabrera (2017).

$$\% PS = \frac{(PS - PF)}{PF} \times 100$$

Donde:

% PS= Por ciento de peso seco obtenido

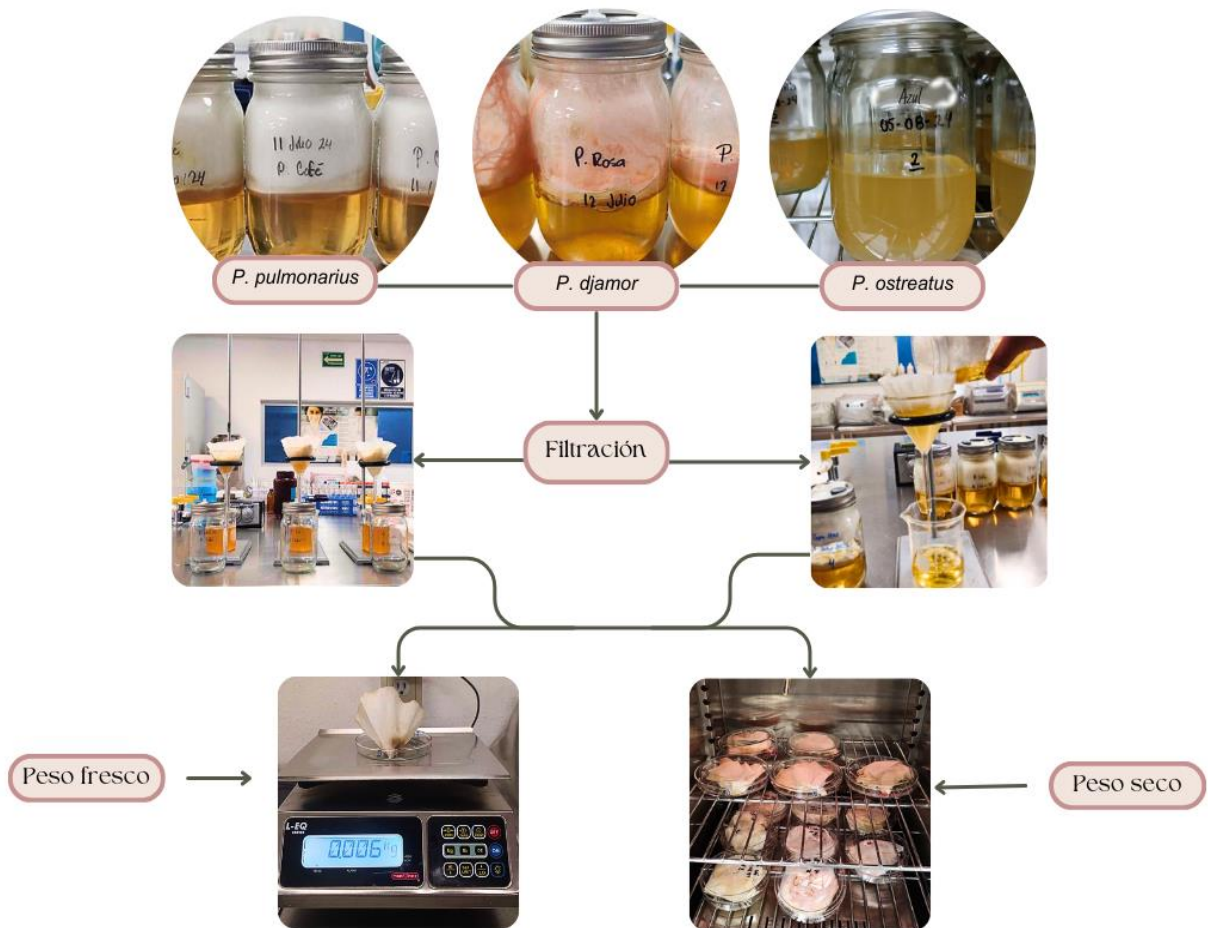
PS = Peso seco (g)

PF= Peso fresco (g)

Se verificaron los supuestos de normalidad por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y de homocedasticidad utilizando las pruebas de Fligner-Killeen, Levene y Bartlett. Para la comparación del peso seco del micelio entre las diferentes especies se utilizó el análisis de varianza de una vía y la prueba de Tukey para la comparación de medias múltiples ( $p < 0.05$ ).

**Figura 9.**

*Cuantificación de peso seco del micelio de las especies de Pleurotus*



Nota. Procedimiento para la obtención del peso seco del micelio crecido en medio líquido de cada una de las especies de *Pleurotus*, actividad realizada en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad en junio del 2024.

### Preparación del inóculo en sorgo

Los granos de sorgo previamente lavados y esterilizados, fueron empleados como soporte para el crecimiento micelial de las especies de estudio donde el micelio fue obtenido por cultivo en medio sólido, para cada especie se usaron 150 g de sorgo contenido en una bolsa de polipropileno (n = 5) a las cuales se les colocaron una caja petri de 60 x 15 mm con el micelio producido por bolsa en una cabina de bioseguridad nivel 2, 1300 series A2, Thermo Scientific ® (ver figura 10).

Después de 10 días el sorgo inoculado se utilizó para sembrar en botellas de plástico (3 L) recicladas y previamente lavadas (n = 5). Se emplearon como sustratos residuos de café, cartón y paja de trigo (control), para la fructificación de las setas, azul (*P. ostreatus*), café (*P. pulmonarius*), rosa (*P. djamor*) y amarilla (*P. citrinopileatus*).

### Figura 10.

*Cultivo de micelio en sorgo*



Nota. Siembra del micelio de las especies de *Pleurotus* utilizando como soporte granos de sorgo bajo condiciones de esterilidad, actividad realizada en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad de abril a mayo del 2024.

## **Preparación del sustrato**

**Café:** Los residuos de este sustrato fue recolectado de distintas cafeterías de la zona, se puso a secar, se embolsó y se esterilizó en una autoclave Yamato SM200 ® a 15 libras (Lb) de presión, 120 °C x 15 min.

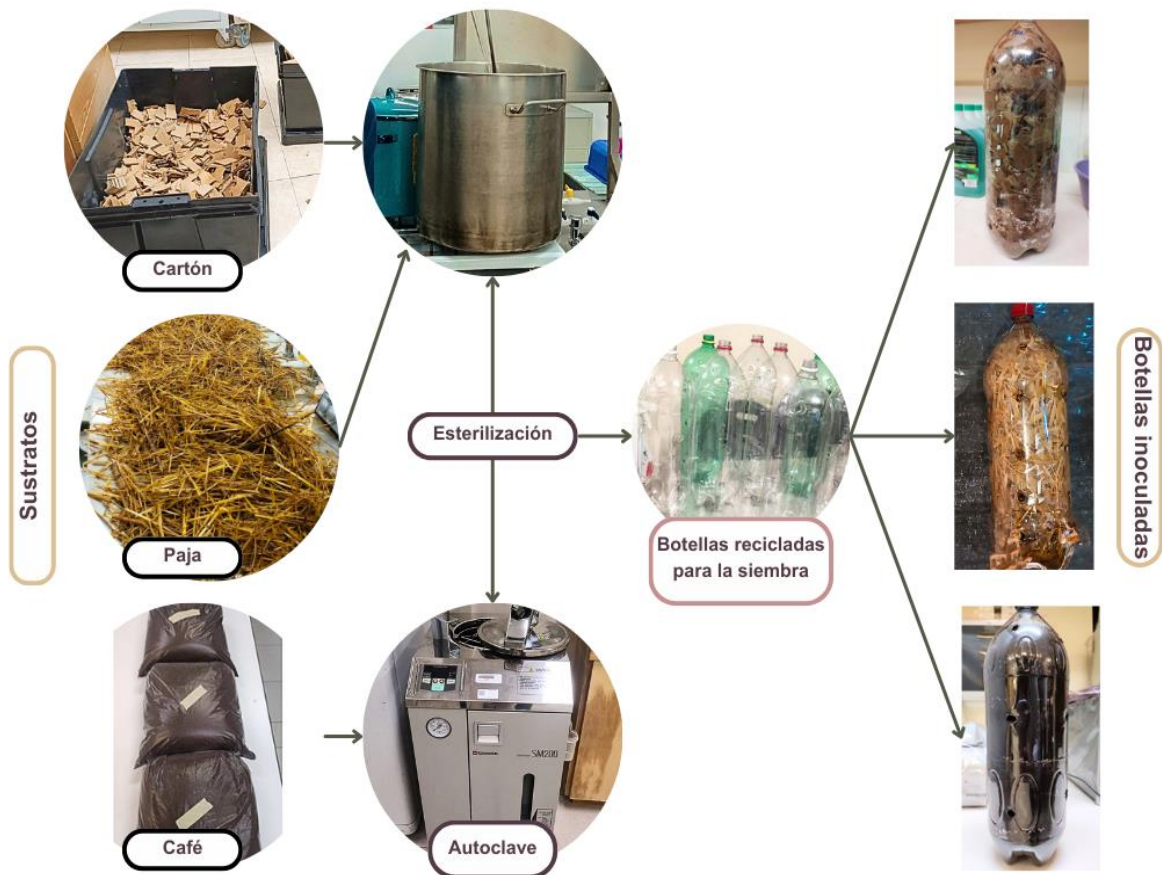
**Cartón:** Se obtuvo de cajas de desechó, se cortó en pedazos pequeños y se llevó a ebullición en una olla con agua durante 40 minutos.

**Paja de trigo (control):** El sustrato se obtuvo de manera comercial en una forrajera, se cortó y sometió a ebullición durante 40 minutos para eliminar cualquier contaminante que pueda afectar el crecimiento del micelio.

Cada uno de los sustratos fue colocado por separado en botellas de pet hasta su siembra, se agregaron 1.5 kg de sustrato y 150 g de inóculo (sorgo con micelio) de cada especie (n=5) de forma independiente (Figura 11). Las botellas inoculadas fueron colocadas en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias de Casa Libertad con control de luz con malla sombra al 90 %, la temperatura y humedad fueron monitoreadas con un Termohigrómetro TermoPro ® diariamente, riego por aspersión Pressure Sprayer ® así como lámpara de luz UV Oplace 4200V/20W ® para control de moscas fóridas (ver figura 12).

**Figura 11.**

*Preparación de los sustratos para el cultivo de hongos*



Nota. Se esquematiza el proceso de esterilización de sustratos y llenado en botellas de PET realizado en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad de abril a mayo del 2024.

**Figura 12.**

*Cultivo de setas bajo sistema de invernadero*



Nota. Se esquematizan los procesos de riego, monitoreo de temperatura y humedad, así como control de mosca fúrida del cultivo de setas en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad, UACM, donde se mantuvo resguardada la producción de setas de mayo a agosto del 2024.

### **Tiempo y rendimiento de la primera fructificación en distintos sustratos por especie**

Se contabilizó el tiempo (días) que tardó el hongo en iniciar la primera fructificación, los hongos cortados se utilizaron para evaluar el rendimiento con respecto al peso (g) de cada especie y sustrato de siembra. Se verificaron los supuestos de normalidad por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y de homocedasticidad utilizando las pruebas de Fligner-Killeen, Levene y Bartlett para las variables tiempo de inicio de la primera fructificación y su peso por especie y por sustrato. Se utilizó el análisis de varianza de una vía para determinar si existían diferencias estadísticas significativas por sustrato y por especie para ambas variables de respuesta, la prueba de Tukey se realizó para la comparación múltiple de medias ( $p < 0.05$ ).

### **Análisis proximal de las setas cultivadas**

A partir de las setas producidas en los distintos sustratos, para cada especie se determinaron variables como la humedad, cenizas, proteínas y azúcares totales, con la finalidad de identificar el valor nutricional de las setas, así como el sustrato de elección para la fructificación sobre la calidad del alimento.

### **Humedad**

Para la determinación de la humedad se empleó el método propuesto por Méndez-Ventura (2020) con algunas modificaciones. Los crisoles empleados se llevaron a peso constante a 110 °C en un horno Felisa ® durante 24 h previo a la tara se colocó en el desecador, posteriormente 1 g de la muestra del hongo se pesó en una balanza analítica con trampa de humedad Accuris modelo W3002A ® y se colocó en el crisol, mismo que se llevó a 110 °C por 5 h hasta alcanzar peso constante.

Los crisoles se colocaron en el desecador nuevamente y por último se pesó la muestra con el crisol sustrayendo la diferencia de peso húmedo menos el peso seco que da como resultado la cantidad de humedad de la muestra (ver figura 13).

**Figura 13.**

*Procedimiento para la determinación de humedad de las especies de Pleurotus*



Nota. Se esquematiza el desarrollo de la prueba de humedad realizada en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad en junio de 2024.

El porcentaje de humedad se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W2 - W1}{W0} \times 10$$

Donde:

W0 = Peso de la muestra (g)

W1 = Peso del crisol más la muestra después del secado (g)

W2 = Peso del crisol más la muestra antes del secado (g)

El cálculo del porcentaje de humedad obtenido previamente permitió calcular la cantidad de muestra seca (g) de acuerdo con la fórmula propuesta por Loaeza-Rodríguez (2020):

$$MS = 100 - HT$$

Donde:

HT = Humedad total (%)

MS = Materia seca total (g)

Finalmente, la muestra libre de humedad se conservó para la obtención de cenizas (ver figura 14).

**Figura 14.**

*Muestra de Pleurotus libre de humedad*



Nota. Se muestra la apariencia del hongo libre de humedad obtenida en el laboratorio de biología y química de Casa Libertad de la UACM en junio del 2024.

## Ceniza

Para determinar el contenido de cenizas de cada muestra, los crisoles con la muestra libre de humedad se colocaron en una mufla marca Felisa a 550 °C durante 19 horas, transcurrido el tiempo los crisoles con la muestra se llevaron a peso constante para determinar la cantidad ceniza, al finalizar se llevaron al desecador para enfriarlos durante 30 minutos y posteriormente se pesaron en la balanza analítica Accuris modelo W3002A ® para obtener el peso de las cenizas por muestra (ver figura 15).

### Figura 15.

*Proceso para la obtención de cenizas*



Nota. Se esquematiza el proceso de obtención de cenizas realizado en el laboratorio de biología y química de Casa Libertad en junio del 2024.

El porcentaje de ceniza de cada muestra se determinó mediante la siguiente fórmula propuesta por Loaeza-Rodríguez (2020):

$$\% \text{ ceniza} = \frac{W1 - W2}{W0} \times 100$$

Donde:

W0 = Peso de la muestra seca, obtenido en el apartado anterior (MS, g)

W1 =Peso del crisol vacío (g)

W2 = Peso del crisol más la muestra calcinada (g)

### **Preparación de las muestras para la determinación de azúcares totales**

Para preparar las muestras se realizó una extracción de 1 g del hongo fresco molido en 9 mL de agua destilada dentro de un tubo Falcon de 15m L, posteriormente 1 mL de cada una de las muestras se colocó en tubos eppendorf 5702 ® y se llevaron a una Mini-Centrífuga Sprout Plus ® durante 15 min a 4 °C para separar los sólidos del sobrenadante.

La concentración de azúcares totales se determinó empleando el método propuesto por Dubois (1956) modificado, como estándar para la curva de calibración se utilizó sacarosa grado reactivo (Sigma Aldrich ®) en un rango de concentración de 3.0 a 62.5 µg/mL como se muestra en la tabla 1, utilizando agua destilada como blanco, y aplicando el mismo tratamiento.

#### **Tabla 1.**

*Concentraciones de la curva estándar de sacarosa*

	Concentración (µg/mL)					
Sacarosa	3.0	8.0	15.75	31.25	50	62.5

Nota. Se muestran las concentraciones para la curva de calibración de sacarosa empleada como control para la determinación de azúcares totales.

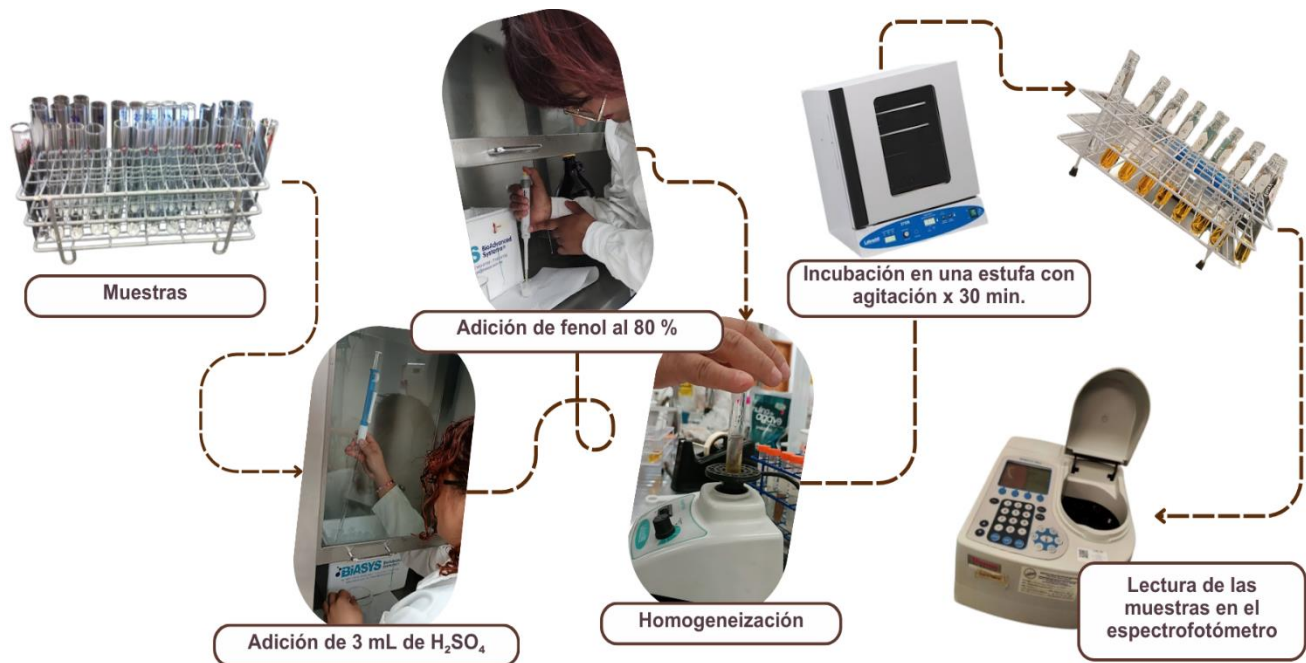
Para la determinación de los azúcares totales por el método Dubois (1956) modificado (método fenol-sulfúrico) se emplearon tubos de ensaye para mezclar 1 mL de la muestra a concentración

de 40 µg/mL con 3 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, los tubos se colocaron en hielo para mantenerlos fríos, subsecuentemente se adicionó a cada tubo 50 µL de fenol al 80 %.

Los tubos se homogeneizaron en un vortex Genie 2 Scientific Industries ® y se incubaron con agitación a 100 rpm a 37°C durante 30 minutos en una incubadora LABNET ® modelo I5211-DS, terminado el tiempo de incubación las muestras se analizaron en un espectrofotómetro Thermo Scientific® modelo Genesys 10 vis a una longitud de onda de 485 nm. Los ensayos se realizaron por triplicado para obtener el contenido de azúcares totales de las muestras, valores promedios y la desviación estándar (ver figura 16).

### Figura 16.

*Método de obtención de azúcares totales de las especies de Pleurotus*



Nota. Se esquematiza el método para la cuantificación de azúcares totales en las muestras de hongo del género *Pleurotus* cultivados en café, cartón y paja en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad de la UACM de mayo a junio del 2024.

## **Determinación de proteínas por el método de Lowry (1951)**

Para la determinación de proteínas por el método de Lowry (1951), se prepararon las siguientes soluciones:

**Solución A:**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (sulfato de cobre pentahidratado) al 5 % con  $\text{H}_2\text{O}$  destilada

**Solución B:**  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (tartrato de potasio y sodio tetrahidratado) al 2 % con  $\text{H}_2\text{O}$  destilada

**Solución C:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (carbonato de sodio) al 2 % en  $\text{NaOH}$  (hidróxido de sodio) 0.1 N (4 g de  $\text{NaOH}$  + 20 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  aforado a 1 L  $\text{H}_2\text{O}$  destilada).

**Solución D:** 1 mL la solución A +1 mL de la solución B

**Solución E:** 1 mL de la solución D + 50 mL de la solución C

**Solución de fenol-folin (1:1):** 1 mL de fenol + 1 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada (se preparó al momento).

Se empleó albúmina sérica de bovino (BSA) para la curva de calibración, para ello se preparó una solución de BSA a 1 mg/mL, de tal manera que se pesaron 10 mg de BSA y se diluyeron en 10 mL de agua destilada, posteriormente se tomaron 0.3 mL de esta solución y se agregaron 2.7 mL de agua destilada (10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ). La solución salina isotónica (SSI) tuvo una concentración de 0.9 % de  $\text{NaCl}$  (cloruro de sodio).

### **Curva de referencia**

A partir de las soluciones preparadas de BSA y SSI, se colocaron en cada tubo eppendorf (ver tabla 2) el volumen correspondiente para la preparación de la curva estándar.

**Tabla 2.**

*Preparación de la curva estándar de albúmina sérica bovina (BSA).*

Concentración de BSA ( $\mu\text{g/mL}$ )	Volumen de la solución de BSA-( $\mu\text{L}$ )	Volumen SSI ( $\mu\text{L}$ )
0	0	500
.50	2.5	497.5
1.50	7.5	492.5
3.00	15.0	485.0
5.00	25	475

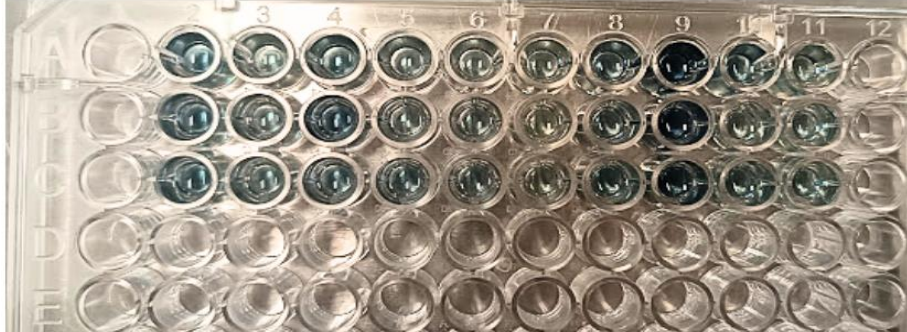
Nota. Se muestran las concentraciones para la curva de calibración de BSA empleada como control para la determinación de proteínas.

En una placa de cultivo celular de 96 pozos, se adicionaron 40  $\mu\text{L}$  de la solución de BSA de cada tubo y se agregaron 200  $\mu\text{L}$  de solución D, la placa se colocó para su agitación en el lector de microplacas (Thermo Scientific Multiskan™ FC), posteriormente se adicionaron 20  $\mu\text{L}$  de la solución E, nuevamente se sometió a agitación en el lector de microplacas y después se tapó con papel aluminio para evitar el contacto con la luz, se dejó reposar 30 minutos y finalmente se realizó una lectura de absorbancia a 751 nm, para cada tubo se realizaron tres réplicas (n=3).

Para el análisis de las muestras de hongos 1 g de cada especie de *Pleurotus* crecida en los diferentes sustratos se colocó en un tubo Falcon de 15 mL con 9 mL de  $\text{H}_2\text{O}$ , posteriormente se tomaron 0.2 mL de esta muestra y se adicionaron 0.4 mL de  $\text{H}_2\text{O}$ , de esta dilución se tomaron 40  $\mu\text{L}$  de cada muestra y se llevaron a un volumen de 1mL para después tomar 40  $\mu\text{L}$  de cada muestra que se colocaron en una placa de cultivo celular de 96 pozos por triplicado (n = 3), se siguió el mismo procedimiento que la preparación de la curva estándar (ver figura 17).

**Figura 17.**

*Determinación de proteínas en placa de 96 pozos*



Nota. Placa de cultivo celular de 96 pozos que muestra la reacción para la cuantificación de proteínas de las especies de *Pleurotus* cultivados en café, cartón y paja en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad de la UACM de mayo a junio del 2024.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

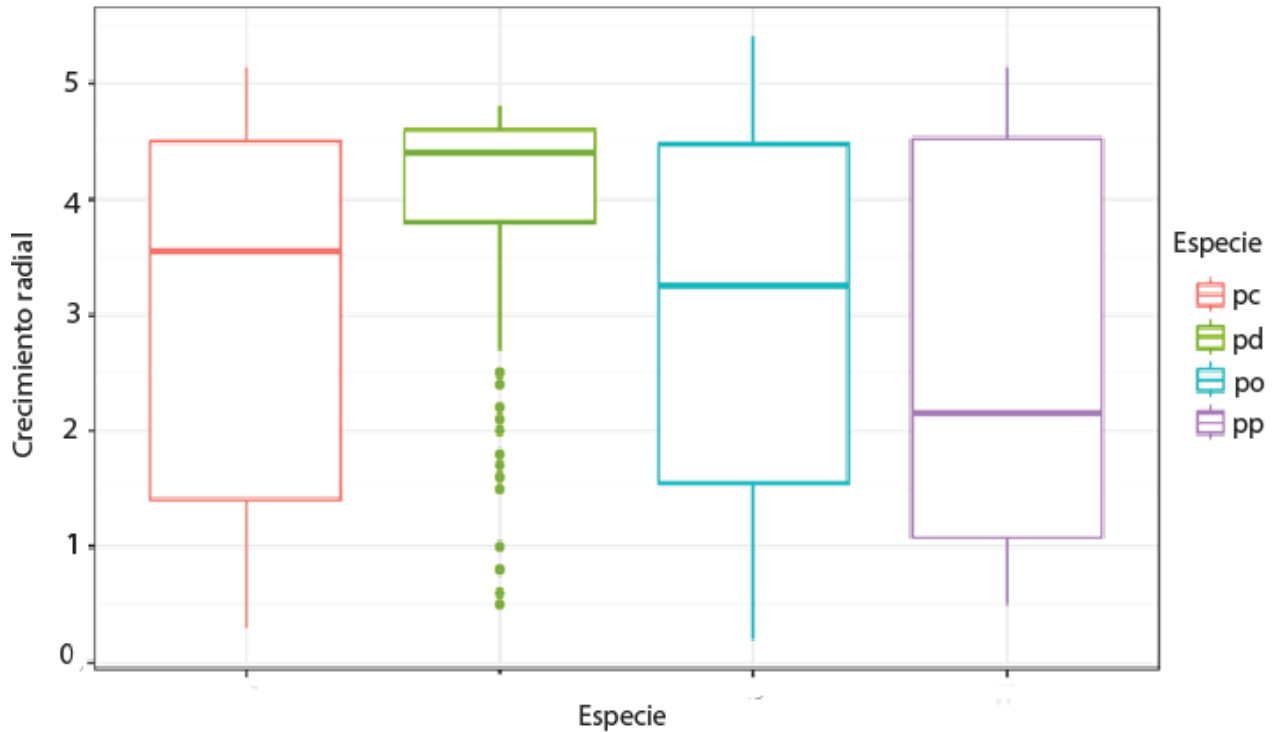
### Crecimiento radial

Para determinar si existen diferencias estadísticas significativas en el crecimiento radial de las especies de *Pleurotus*, se valoró utilizar una prueba paramétrica como es el análisis de varianza o una prueba no paramétrica para una vía (Kruskal-Wallis). Se encontró que los datos del crecimiento radial (cm) por especie de *Pleurotus* no presentaron distribución normal considerando la prueba de Shapiro-Wilk ( $p < 0.05$ , ver tabla 3). El siguiente supuesto que se consideró fue el de homogeneidad de varianzas de acuerdo con Fligner-Killeen ( $X^2_c = 54.87^*$ ), Levene ( $F^* = 23.11^*$ ) y Bartlett ( $K^2_c = 45.1^*$ ), en los tres casos se encontró que no existe homocedasticidad.

En cuanto a los resultados obtenidos se mostró que el crecimiento radial (cm) fue mayor en *Pleurotus djamor* con un promedio de radio micelial de 4.017 cm seguido de *P. citrinopileatus* con 3.107 cm, de estos el crecimiento radial de *P. djamor* fue más homogéneo que *P. citrinopileatus*; mientras que *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* mostraron promedios de crecimiento radial menores de 2.989 cm y 2.596 cm respectivamente. No obstante, la variabilidad del crecimiento radial de *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* fue similar a *P. citrinopileatus* (ver figura 18), estos resultados concuerdan con lo reportado por Chauhan y Gupta (2017) para *P. djamor* con una media de crecimiento radial de 4.7 cm, por otra parte respecto a *P. ostreatus* los datos reportados por Botello-Cabrera (2017) muestran un crecimiento radial 1.5 veces mayor que lo encontrado en el presente trabajo. La diferencia en resultados para *P. ostreatus* puede deberse al origen del inóculo del hongo, que en nuestro trabajo se adquirió de otro proveedor y otra diferencia fue el tamaño de la caja petri que en nuestro caso fue más pequeña, por lo que la disposición de nutrientes en el caso de Botello-Cabrera (2017) era mayor.

**Figura 18.**

*Crecimiento radial vs especies de Pleurotus*



Nota. Se muestra el crecimiento radial (cm) por especie de *Pleurotus* crecida en placa de agar PDA. \* *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

**Tabla 3.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable crecimiento radial (cm) de las especies de Pleurotus*

Especie	W
<i>P. citrinopileatus</i>	0.88*
<i>P. djamor</i>	0.73*
<i>P. ostreatus</i>	0.93*
<i>P. pulmonarius</i>	0.86*

Nota. \* Los resultados muestran que los datos de crecimiento radial no presentan distribución normal. Estadístico de prueba de normalidad (W).

Por lo cual se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, el resultado de dicha prueba ( $X^2_c = 26.88^*$ ) indicó que al menos una especie de *Pleurotus* tenía diferencias estadísticas significativas en el crecimiento radial con respecto a las demás ( $p < 0.05$ ).

La prueba de comparación de rangos múltiple de Kruskal-Wallis mostró que *Pleurotus djamor* tuvo el mayor crecimiento radial (cm) y *P. citrinopileatus*, *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* no presentaron diferencias significativas entre ellas en sus rangos ( $p > 0.05$ ), (ver tabla 4).

**Tabla 4.**

*Prueba de rangos múltiples de Kruskal-Wallis para la variable crecimiento radial (cm) de las especies de Pleurotus*

Especie	Crecimiento radial promedio (cm)
<i>P. djamor</i> <sup>a</sup>	4.017
<i>P. citrinopileatus</i> <sup>b</sup>	3.107
<i>P. ostreatus</i> <sup>b</sup>	2.989
<i>P. pulmonarius</i> <sup>b</sup>	2.596

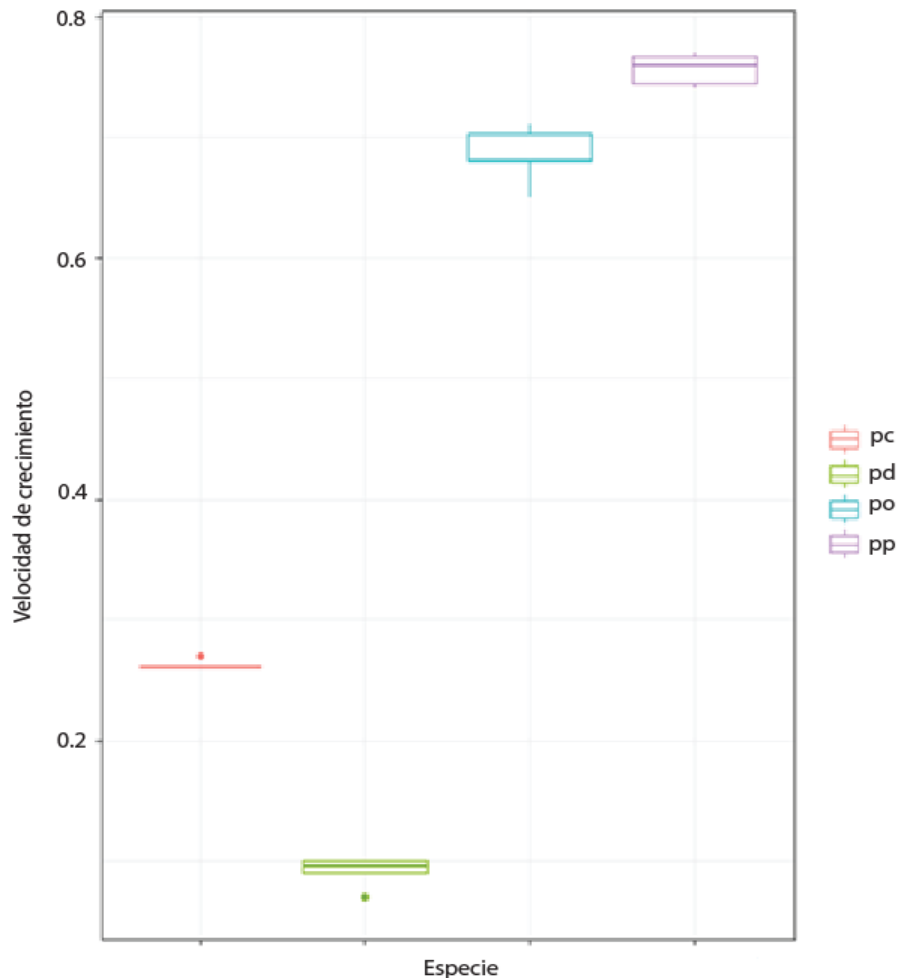
Nota. \* <sup>a</sup> Representa al grupo estadísticamente diferente  $p < 0.05$ .

**Velocidad de crecimiento radial en medio sólido**

La velocidad de crecimiento radial fue mayor para *Pleurotus ostreatus* (0.685 cm/día) y *P. pulmonarius* (0.757 cm/día) mientras que, *P. djamor* (0.091 cm/día) y *P. citrinopileatus* (0.262 cm/día) presentaron valores menores de velocidad de crecimiento radial (ver figura 19).

**Figura 19.**

*Velocidad de crecimiento radial vs especies de Pleurotus*



Nota. Se muestra la velocidad de crecimiento radial (cm/día) por especie de *Pleurotus* de abril a mayo de 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

\* *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

Se encontró que los datos de la velocidad de crecimiento radial (cm/día) por especie de *Pleurotus* no presentaron distribución normal considerando la prueba de Shapiro-Wilk ( $p < 0.05$ , ver tabla 5).

El siguiente supuesto que se consideró fue el de homogeneidad de varianzas de acuerdo con Fligner-Killeen ( $X^2_c = 4.5$  ns), Levene ( $F^* = 1.7$  ns) y Bartlett ( $K^2_c = 10.3^*$ ), solo Bartlett mostró que no existe homocedasticidad.

**Tabla 5.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable velocidad de crecimiento radial (cm/día) de las especies de Pleurotus*

<b>Especie</b>	<b>W</b>
<i>P. citrinopileatus</i>	0.49 ns
<i>P. djamor</i>	0.77 ns
<i>P. ostreatus</i>	0.86*
<i>P. pulmonarius</i>	0.82*

Nota. La velocidad de crecimiento se midió de abril a mayo de 2024 en laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

No significativo (ns): Los datos se distribuyen de manera normal ( $p > 0.05$ ), \* los datos no se distribuyen de manera normal ( $p < 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W).

La prueba de Kruskal-Wallis ( $X^2_c = 21.9^*$ ) indicó que al menos una especie de *Pleurotus* tenía diferencias estadísticas significativas en la velocidad de crecimiento radial con respecto a las demás ( $p < 0.05$ ). La prueba de comparación de rangos múltiples de Kruskal-Wallis mostró que *Pleurotus djamor* tuvo la menor velocidad de crecimiento radial (cm/día), le siguió *P. citrinopileatus*, y los que tuvieron mayor velocidad de crecimiento fueron *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* ( $p < 0.05$ ).

### **Modelos de regresión lineal simple para la velocidad de crecimiento de *Pleurotus***

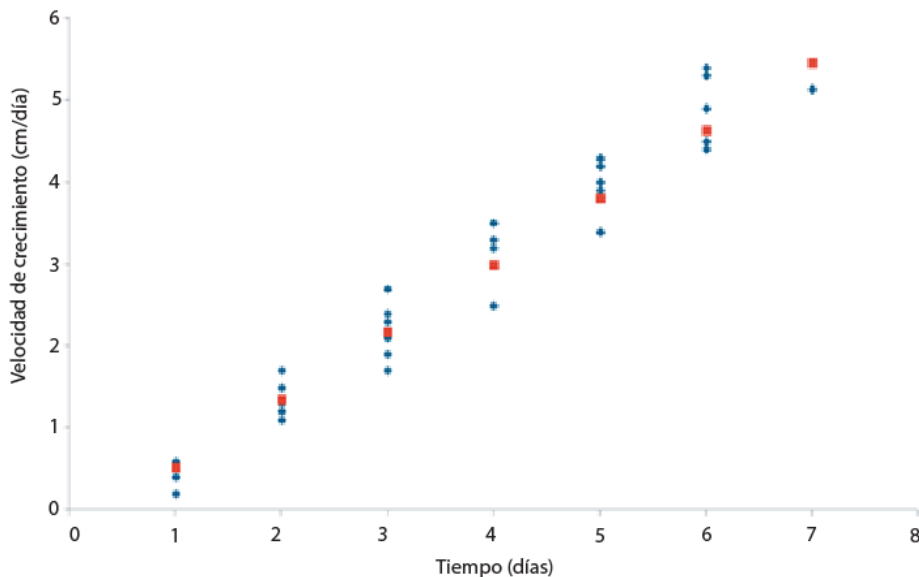
El modelo de regresión lineal simple (RLS) que explica la velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* (ver tabla 6) tuvo una correlación directamente proporcional ( $r = 0.98$ ), la pendiente del modelo es diferente a cero ( $F^* = 992^*$ ,  $p < 0.05$ ) y el coeficiente de determinación mostró que el modelo explica la velocidad de crecimiento en un 96 % ( $R^2 \text{ adj} = 0.96$ ).

Con la prueba de bondad de ajuste ( $X^2 = 1.85$  ns) se determinó que el valor observado y el valor esperado proporcionado por el modelo no presentan diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ , ver figura 20). De acuerdo con la fórmula propuesta por Botello-Cabrera (2017), la velocidad de crecimiento radial fue de 0.685 cm/día semejante al incremento de la velocidad de crecimiento propuesta por el modelo que fue de 0.822 cm/día.

Este resultado es similar al reportado por Acosta-Urdapilleta et al (2016) y Kashangura (2008) quienes reportan una velocidad de crecimiento de 0.91 cm/día y 0.5 cm/día, respectivamente, para *Pleurotus ostreatus*. Lo cual indica que las condiciones de cultivo utilizadas en este trabajo son adecuadas y compiten con otras ya publicadas para este hongo, además, que la metodología publicada por Botello-Cabrera (2017) es reproducible.

**Figura 20.**

*Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de Pleurotus ostreatus*



Nota. El gráfico muestra la velocidad de crecimiento radial obtenida en abril del 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

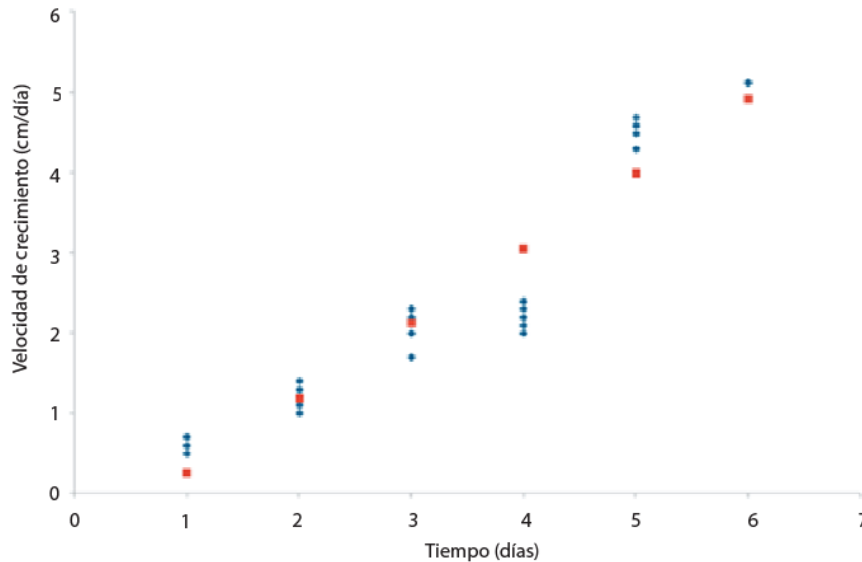
El modelo de regresión lineal simple (RLS) que explica la velocidad de crecimiento de *Pleurotus pulmonarius* (ver tabla 6) tuvo una correlación directamente proporcional ( $r= 0.96$ ), la pendiente del modelo es diferente a cero ( $F^* = 404^*$ ,  $p < 0.05$ ) y el coeficiente de determinación mostró que el modelo explica la velocidad de crecimiento en un 92 % ( $R^2 \text{ adj} = 0.92$ ). Con la prueba de bondad de ajuste ( $X^2 = 5.21$ ) se determinó que el valor observado y el valor esperado proporcionado por el modelo no presentan diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ , ver figura 21).

De acuerdo con la fórmula propuesta por Botello-Cabrera (2017) para determinar la velocidad de crecimiento radial fue de 0.757 cm/día semejante al incremento de la velocidad de crecimiento propuesta por el modelo que fue de 0.936 cm/día, este resultado es 4.6 veces mayor que lo reportado por Acosta-Urdapilleta et al (2016) quienes encontraron una velocidad de crecimiento de 0.162 cm/día para *P. pulmonarius*.

Esto indica que nuestras condiciones de cultivo favorecieron la velocidad de crecimiento para este hongo, lo cual hace más competitivo nuestro sistema de cultivo.

**Figura 21.**

*Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de Pleurotus pulmonarius*



Nota. El gráfico muestra la velocidad de crecimiento radial (cm/día) obtenida en abril del 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

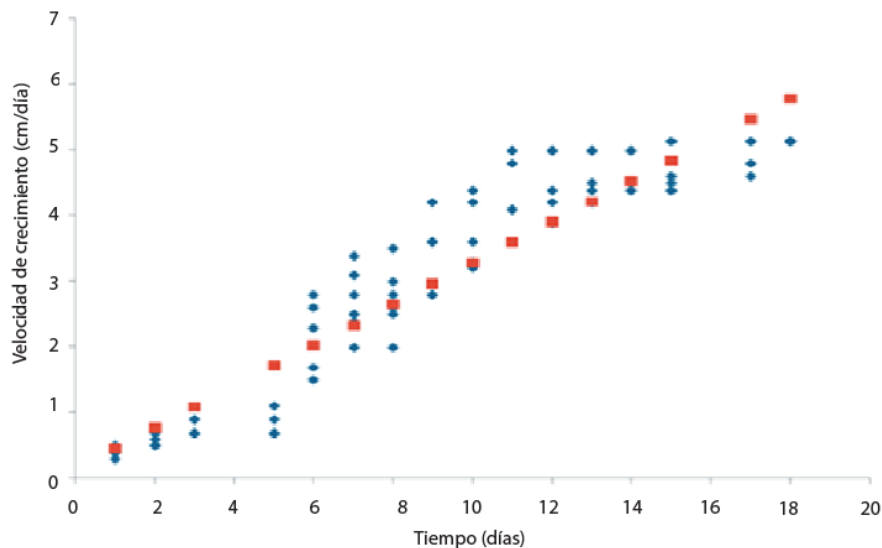
Por otra parte, el modelo de regresión lineal simple (RLS) que explica la velocidad de crecimiento de *Pleurotus citrinopileatus* (ver tabla 6) tuvo una correlación directamente proporcional ( $r=0.94$ ), la pendiente del modelo es diferente a cero ( $F^* = 777^*$ ,  $p < 0.05$ ) y el coeficiente de determinación mostró que el modelo explica la velocidad de crecimiento en un 89 % ( $R^2 \text{ adj} = 0.89$ ). Con la prueba de bondad de ajuste ( $X^2 = 10.84$ ) se determinó que el valor observado y el valor esperado proporcionado por el modelo no presentan diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ , ver figura 22).

De acuerdo con la fórmula propuesta por Botello-Cabrera (2017) para determinar la velocidad de crecimiento radial, el resultado fue de 0.262 cm/día, semejante al incremento de la velocidad de crecimiento propuesta por el modelo de regresión lineal simple que fue de 0.313 cm/día, la velocidad de crecimiento para *P. citrinopileatus* fue 4.7 veces mayor a lo reportado por Acosta-Urdapilleta et al (2016), pero 1.9 veces menor que lo reportado por Kashangura (2008) para esta.

Lo anterior indica que nuestro resultado en comparación con el obtenido por Kashangura puede deberse a que el micelio fue adquirido con otro proveedor e inoculado en placas petri de 9 cm de diámetro, mientras que en el presente trabajo se utilizaron cajas petri de 5 cm por lo que la disponibilidad de nutrientes fue menor.

**Figura 22.**

*Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de Pleurotus citrinopileatus*



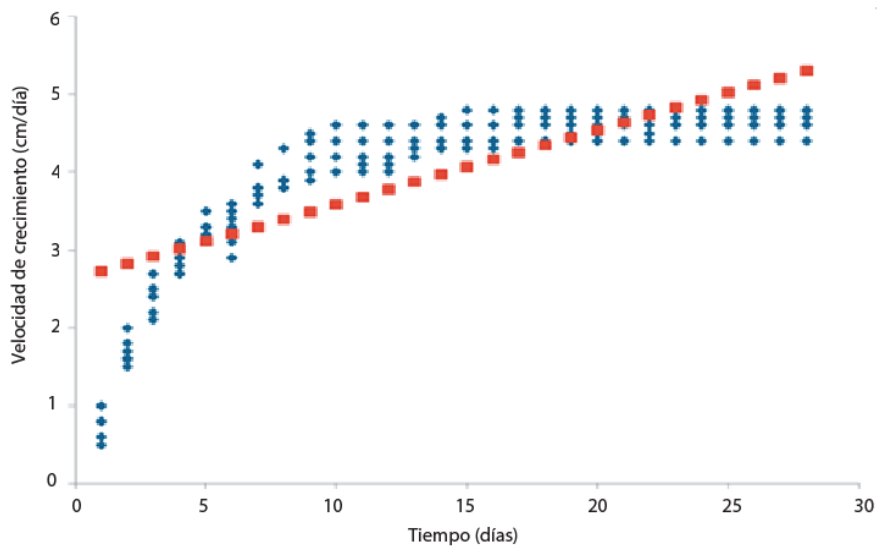
Nota. El gráfico muestra la velocidad de crecimiento radial (cm/día) obtenida en abril del 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

Finalmente, el modelo de regresión lineal simple (RLS) que explica la velocidad de crecimiento de *Pleurotus djamor* (ver figura 23) tuvo una correlación directamente proporcional ( $r= 0.78$ ), la pendiente del modelo es diferente a cero ( $F^* =254^*$ ,  $p<0.05$ ) y el coeficiente de determinación mostró que el modelo explica la velocidad de crecimiento en un 60 % ( $R^2 \text{ adj} = 0.6$ ). Por lo cual, se tuvo que transformar el modelo de RLS a un modelo no lineal como es el modelo de Michaelis-Menten.

La velocidad de crecimiento por lo tanto se determinó por el modelo linealizado de Lineweaver-Burk ( $p > 0.05$ , ver figura 24 y tabla 6). De acuerdo con la fórmula propuesta por Botello-Cabrera (2017) la velocidad de crecimiento radial fue de 0.091 cm/día semejante al incremento de la velocidad de crecimiento propuesta por el modelo que fue de 0.095 cm/día, este resultado es similar a lo reportado por Acosta-Urdapilleta et al (2016) quienes reportaron una velocidad de crecimiento de 0.087 cm/día para *Pleurotus djamor*, lo anterior demuestra que la velocidad de crecimiento del hongo es reproducible bajo nuestras condiciones de laboratorio.

**Figura 23.**

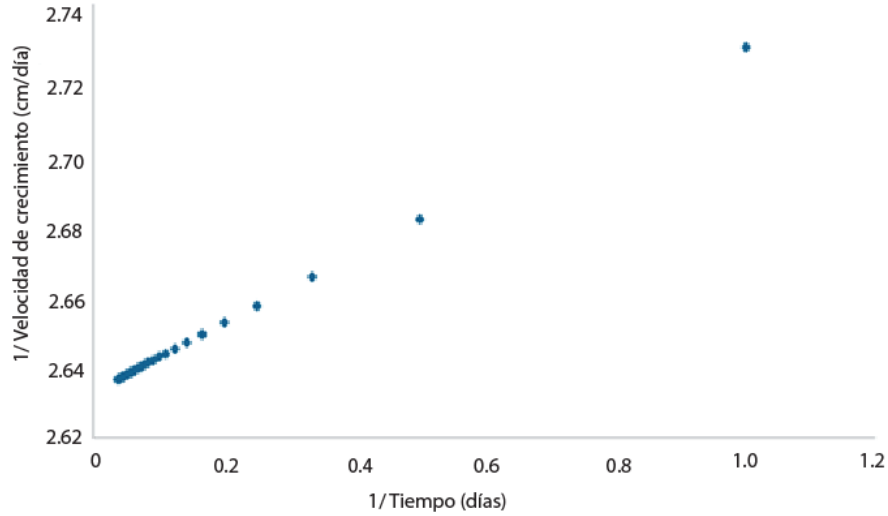
*Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de Pleurotus djamor*



Nota. El gráfico muestra la velocidad de crecimiento radial (cm/día) obtenida en abril del 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

**Figura 24.**

*Velocidad de crecimiento radial (cm/día) de Pleurotus djamor empleando el modelo de Michaelis-Menten*



Nota. Se muestra la velocidad de crecimiento radial (cm/día) de *Pleurotus djamor* a través del modelo linealizado de Michaelis-Menten.

**Tabla 6.**

*Los modelos obtenidos para determinar la velocidad de crecimiento radial (cm/día) de las especies de Pleurotus.*

Espece	Velocidad de crecimiento micelial promedio (cm/día)*	Modelo de RLS
<i>P. djamor</i> <sup>a</sup>	0.091	$1/VC = 2.63 + (0.095 * 1/tiempo_i)$ **
<i>P. citrinopileatus</i> <sup>b</sup>	0.262	$VC = 0.15 + (0.313 * tiempo_i)$
<i>P. ostreatus</i> <sup>c</sup>	0.685	$VC = -0.3 + (0.822 * tiempo_i)$
<i>P. pulmonarius</i> <sup>d</sup>	0.757	$VC = -0.68 + (0.936 * tiempo_i)$

\*de acuerdo a la fórmula propuesta por Botello-Cabrera (2017).

\*\* Modelo linealizado de Lineweaver-Burk.

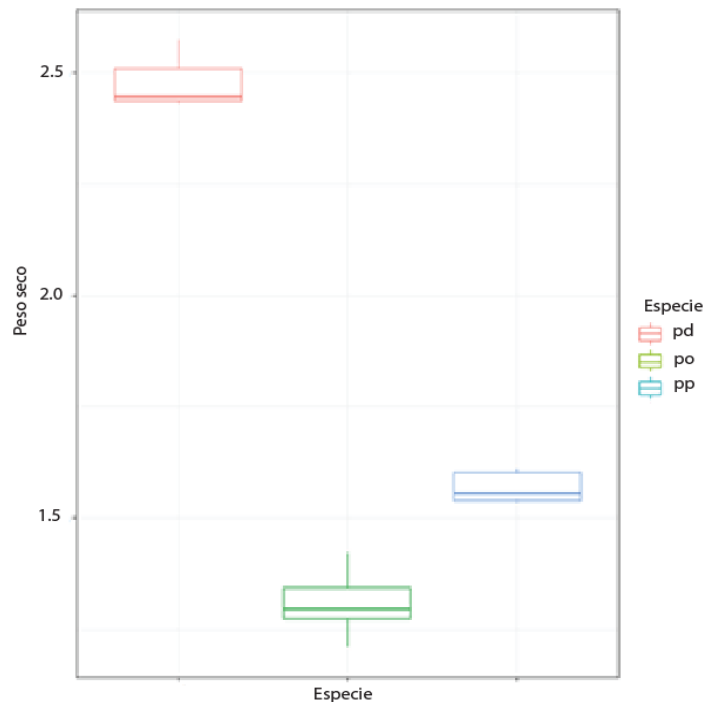
Finalmente, nuestros datos demuestran que la velocidad de crecimiento (vc) varía dependiendo de la especie de *Pleurotus*, no obstante, la velocidad de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* es mayor respecto de las otras especies, por lo que nuestros resultados en este sentido son comparables con lo reportado por Acosta-Urdapilleta et al (2016).

### Producción micelial en medio líquido a través del peso seco

La producción micelial se evaluó a través del peso seco (g) del micelio cultivado en medio líquido, observándose que la especie que obtuvo mayor peso fue *Pleurotus djamor*, seguida de *P. pulmonarius* y *P. ostreatus*, cabe señalar que no se pudo evaluar la producción de micelio de *P. citrinopileatus*, debido a que las muestras se contaminaban continuamente y no permitían el crecimiento del micelio (ver figura 25).

#### Figura 25.

*Peso seco (g) del micelio por especie de Pleurotus crecida en medio líquido*



Nota. Se muestra el peso seco (g) del micelio obtenido de abril a mayo de 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad. \* *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

Se encontró que los datos del peso seco (g) por especie de *Pleurotus* si presentaron distribución normal considerando la prueba de Shapiro-Wilk ( $p > 0.05$ , ver tabla 7).

El siguiente supuesto que se consideró fue el de homogeneidad de varianzas de acuerdo con Fligner-Killeen ( $X^2_c = 1.32$  ns), Levene ( $F^* = 0.47$  ns) y Bartlett ( $K^2_c = 2.17$  ns), en los tres casos se encontró que si existe homocedasticidad, por lo tanto, se obtuvo el análisis de varianza de una vía.

**Tabla 7.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable peso seco (g) de micelio en medio líquido de las especies de Pleurotus*

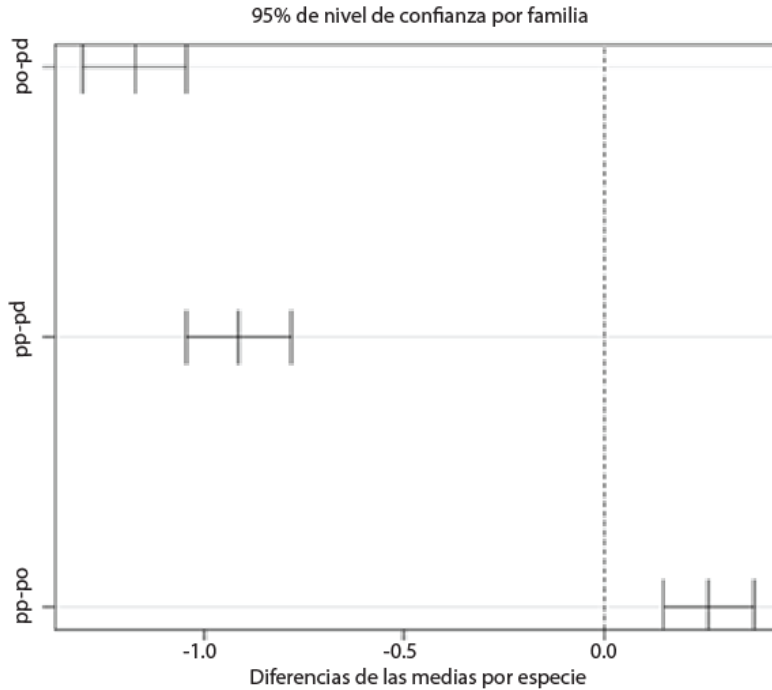
<b>Especie</b>	<b>W</b>
<i>P. djamor</i>	0.82 ns
<i>P. ostreatus</i>	0.99 ns
<i>P. pulmonarius</i>	0.84 ns

Nota. Prueba de normalidad para el peso seco (g) del micelio crecido en medio líquido de abril a mayo de 2024 en laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad. No significativo (ns). Los resultados muestran que los datos de peso seco sí presentaron distribución normal. Estadístico de prueba de normalidad (W).

De acuerdo con el análisis de varianza se encontró que el peso seco de al menos una especie de *Pleurotus* mostro diferencias estadísticas significativas, ( $F^* = 316.5^*$ ) en el crecimiento del micelio con respecto a las demás ( $p < 0.05$ , ver figura 26).

**Figura 26**

*Prueba de medias múltiples de Tukey para la variable peso seco (g) de las especies de Pleurotus*



Nota. Se muestran las diferencias estadísticas significativas del peso seco del micelio de las especies de *Pleurotus* obtenido de abril a mayo de 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

La prueba de comparación de medias múltiples de Tukey mostró que *Pleurotus djamor* tuvo el mayor peso seco (g) después *P. pulmonarius* seguida de *P. ostreatus* con la menor producción ( $p < 0.05$ , ver tabla 8)

**Tabla 8.**

*Prueba de medias múltiples de Tukey para la variable peso seco (g) de las especies de Pleurotus*

Especie	Peso seco promedio (g)
<i>P. djamor</i> <sup>a</sup>	2.5
<i>P. pulmonarius</i> <sup>b</sup>	1.6
<i>P. ostreatus</i> <sup>c</sup>	1.3

Nota. \* <sup>a,b,c</sup> Representa al grupo estadísticamente diferente.

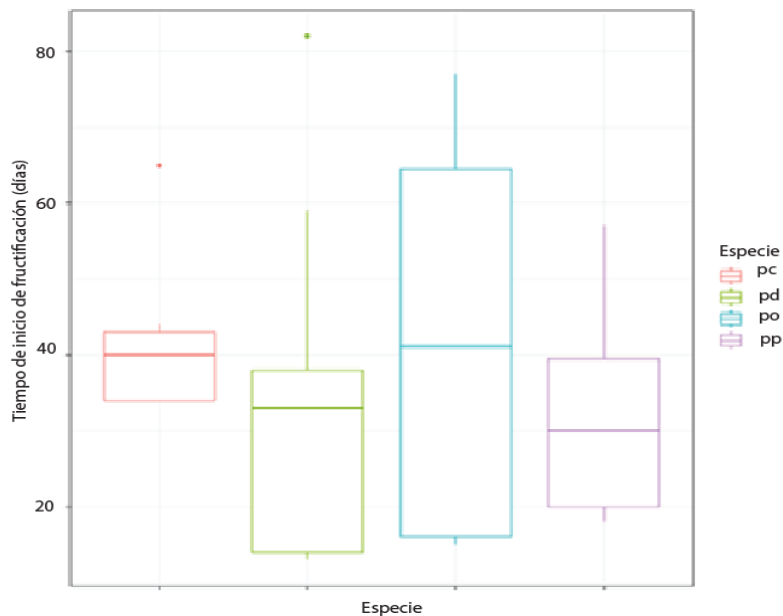
Los resultados obtenidos para *Pleurotus ostreatus* son 6.1 veces mayor que lo reportado por Botello-Cabrera (2017), lo anterior se debe a que Botello utilizó extracto de malta al 1.5% para el cultivo del hongo mientras que nosotros empleamos caldo de dextrosa y papa. Además, el volumen empleado por Botello fue de 50 mL en comparación con 250 mL empleados en el presente trabajo, por lo que, bajo nuestras condiciones, la disponibilidad de nutrientes para el hongo fue mayor.

### Tiempo de fructificación de los hongos en distintos sustratos considerando la especie.

El tiempo (días) que tarda el hongo en iniciar la fructificación (ver anexo 1) fue mayor en *Pleurotus ostreatus* y *P. citrinopileatus* de estos el tiempo de fructificación fue más homogéneo en *P. citrinopileatus* que en *P. ostreatus*; mientras que el tiempo de fructificación de *P. djamor* y *P. pulmonarius* fueron menores a pesar de que la variabilidad fue intermedia entre *P. djamor* y *P. pulmonaris* (ver figura 27).

### Figura 27.

Tiempo (días) que tarda el hongo en iniciar la fructificación por especie de *Pleurotus*



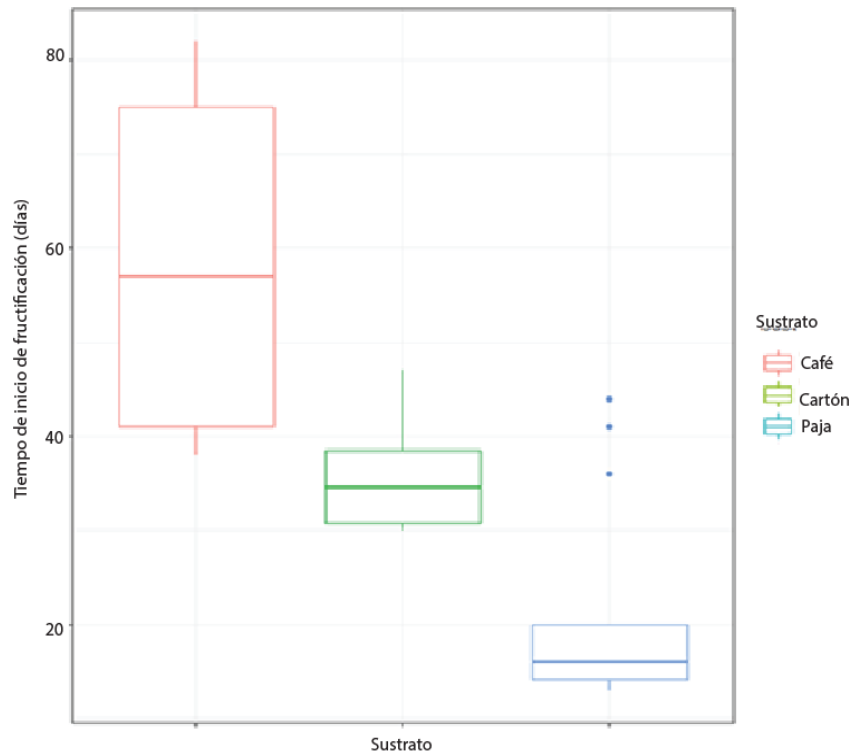
Nota. El gráfico muestra la velocidad de fructificación (días) de *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

Respecto a los sustratos empleados se encontró que el tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) fue más rápido en paja (20 días), después en cartón (35 días) y fue más lento en los residuos de café (59 días), estos datos concuerdan con lo reportado por Cueva-Clavijo (2020) y Mercy-Córdova et al (2021) quienes reportan para *Pleurotus ostreatus* el inicio de la producción en paja (21-23 días) y en cascara de café (64 días), respectivamente.

Lo anterior podría deberse a que la paja de trigo contiene 60 % de carbono y 40 % de nitrógeno necesarios para el crecimiento del hongo, mientras que los pozos de café contienen 2 % de nitrógeno por lo que la adaptabilidad del micelio al sustrato requiere de más tiempo. De estos sustratos, la paja mostró mayor homogeneidad en el tiempo de crecimiento, por el contrario, el tiempo de fructificación fue más heterogéneo en café (ver figura 28).

**Figura 28.**

*Tiempo (días) que tarda el hongo en iniciar la fructificación por sustrato*



Nota. El gráfico muestra el tiempo (días) en que se presentó la fructificación de las especies de *Pleurotus* en los distintos sustratos empleados.

Además, se encontró que las diferentes especies de *Pleurotus* no presentaron distribución normal ( $p < 0.05$ ) respecto al tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) con excepción de *Pleurotus pulmonarius* que sí mostró distribución normal, considerando la prueba de Shapiro-Wilk ( $p > 0.05$ , ver tabla 9). El siguiente supuesto que se consideró fue el de homogeneidad de varianzas de acuerdo con Fligner-Killeen ( $X^2_c = 10.03^*$ ), Levene ( $F^* = 4.25^*$ ) y Bartlett ( $K^2_c = 12.44^*$ ), en los tres casos se encontró que no existe homocedasticidad.

**Tabla 9.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) de las especies de Pleurotus*

<b>Especie</b>	<b>W</b>
<i>P. citrinopileatus</i>	0.74*
<i>P. djamor</i>	0.87*
<i>P. ostreatus</i>	0.86*
<i>P. pulmonarius</i>	0.89 ns

Nota. \* Los resultados muestran que solo una especie no presenta distribución normal, No significativo (ns), mientras que las demás si de prueba de normalidad (W).

Respecto al sustrato, se encontró que el tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) no presentó distribución normal ( $p < 0.05$ ), excepto en café, lo anterior tomando en consideración la prueba de Shapiro-Wilk ( $p > 0.05$ , ver tabla 10).

El siguiente supuesto que se consideró fue el de homogeneidad de varianzas de acuerdo con Fligner-Killeen ( $X^2_c = 6.92^*$ ), Levene ( $F^* = 7.75^{**}$ ) y Bartlett ( $K^2_c = 19.02^{***}$ ), en los tres casos se encontró que no existe homocedasticidad.

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para la variable tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) en los diferentes sustratos*

Sustrato	W
Café	0.89 ns
Cartón	0.88*
Paja	0.68***

Nota.\* Los resultados muestran que los datos de tiempo no presentan distribución normal ( $p < 0.05$ ), \*\*( $p < 0.01$ ), \*\*\* ( $p < 0.001$ ), No significativo (ns) los datos presentan distribución normal. Estadístico de prueba de normalidad (W).

La prueba de Kuskal-Wallis, ( $X^2_c = 4.86$  ns) indicó que no existen diferencias estadísticas significativas entre las especies de *Pleurotus* ( $p > 0.05$ ). En cambio, por sustrato ( $X^2_c = 33.7^*$ ) mostró que si existen diferencias estadísticas significativas entre las especies del hongo ( $p < 0.05$ ). Observando que la prueba de comparación de rangos múltiples de Kruskal-Wallis mostró que los hongos fructifican más rápido en paja de trigo, seguido de cartón y café ( $p > 0.05$ , ver tabla 11).

**Tabla 11**

*Prueba de rangos múltiple de Kruskal-Wallis para el tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días)*

Sustrato	Tiempo para la fructificación (días)
Café <sup>a</sup>	59
Cartón <sup>b</sup>	35
Paja <sup>c</sup>	20

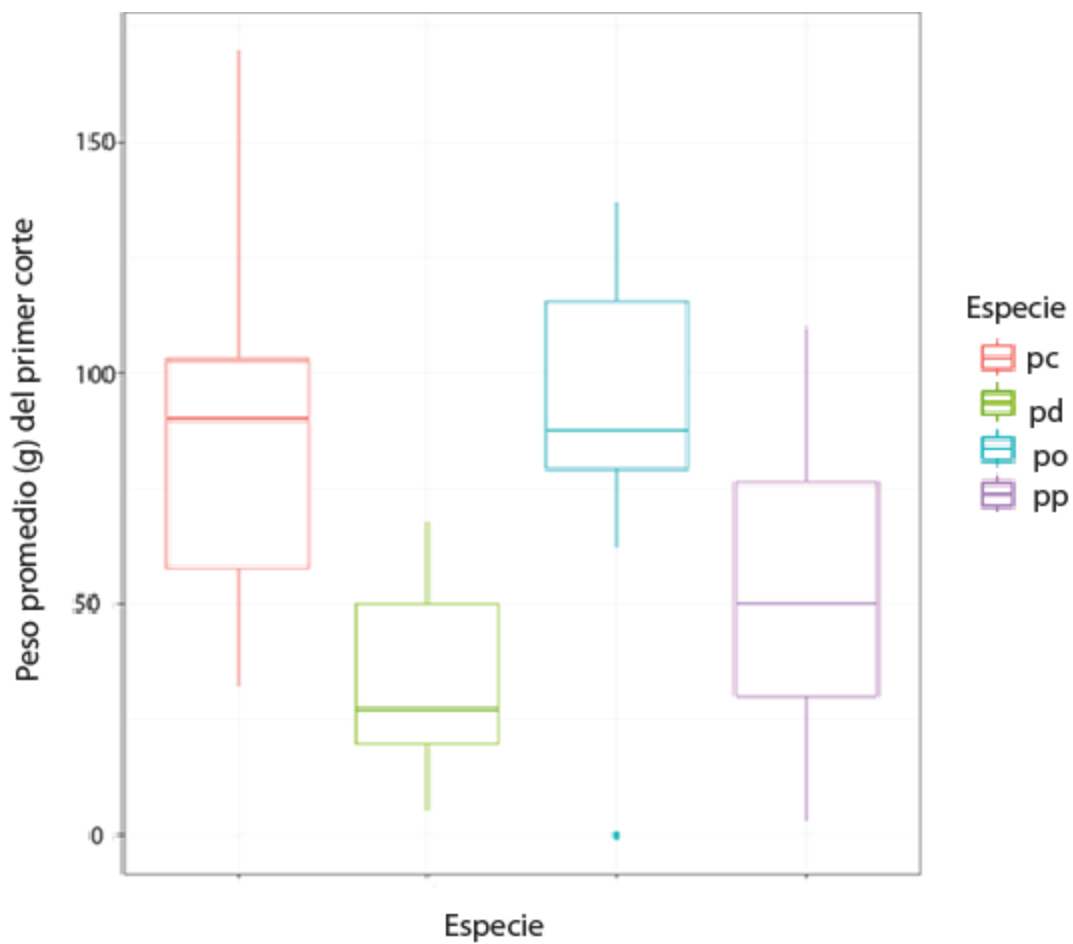
Nota. <sup>a,b,c</sup> muestran diferencias entre sí.

### Cantidad (g) producida en los distintos sustratos por especie de *Pleurotus*

El peso (g) obtenido al iniciar la fructificación fue mayor en *Pleurotus ostreatus* y *P. citrinopileatus* de estos *P. ostreatus* fue más homogéneo; mientras que el peso de *P. djamor* y *P. pulmonarius* fue menor aunque la variabilidad fue menor en *P. djamor* (ver figura 29).

#### Figura 29.

Peso (g) de la primera fructificación de las especies de *Pleurotus*



Nota. El gráfico muestra el promedio del primer corte (g) de hongo de las diferentes especies de *Pleurotus* cultivadas de abril a mayo de 2024 en invernadero de la UACM del plantel Casa Libertad. \* *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

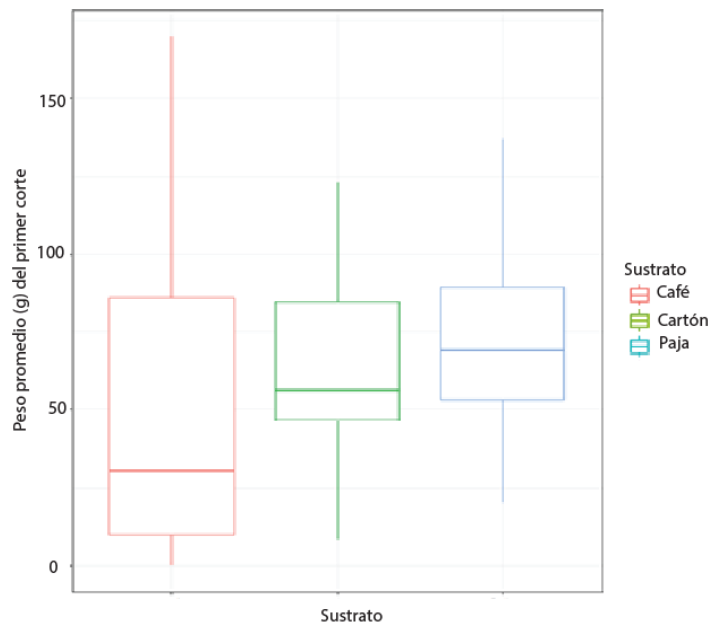
El peso (g) que obtuvieron los hongos al iniciar la fructificación fue mayor para el sustrato paja, seguido de los hongos crecidos en cartón y residuos de café, de estos sustratos, la paja y el cartón mostraron un peso más homogéneo, mientras que en café fue más heterogéneo (ver figura 30).

Este resultado coincide con lo reportado por Varnero et al (2010) quienes encontraron que la producción de *P. ostreatus* sobre sustratos de paja de trigo es mayor tanto en número de hongos, así como en cantidad de los mismos por racimos.

Lo anterior concuerda con lo reportado por Romero Arenas et al (2018), quienes demostraron que la eficiencia biológica de producción en paja de trigo es superior a otros sustratos debido al contenido de celulosa y hemicelulosa empleada por el hongo, por lo que los hongos del género *Pleurotus* tienen la capacidad de crecer en diferentes sustratos agrícolas.

### Figura 30.

*Peso (g) de los hongos al iniciar la fructificación en los diferentes sustratos*



Nota. El gráfico muestra el promedio del primer corte (g) de hongo de las diferentes especies de *Pleurotus* cultivadas en sustratos de paja, cartón y café\* *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

Se encontró que el peso (g) de la fructificación de las diferentes especies de hongo presentaron distribución normal ( $p > 0.05$ ), considerando la prueba de Shapiro-Wilk ( $p > 0.05$ , ver tabla 12). El siguiente supuesto que se consideró fue el de homogeneidad de varianzas de acuerdo con Fligner-Killeen ( $X^2_c = 3.45$  ns), Levene ( $F^* = 1.07$  ns) y Bartlett ( $K^2_c = 4.84$  ns), en los tres casos se encontró que existe homocedasticidad.

**Tabla 12.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para la variable peso (g) de los hongos al iniciar la fructificación de las especies de Pleurotus*

<b>Especie</b>	<b>W</b>
<i>P. citrinopileatus</i>	0.78 ns
<i>P. djamor</i>	0.37 ns
<i>P. ostreatus</i>	0.13 ns
<i>P. pulmonarius</i>	0.80 ns

Nota. \*Los resultados muestran que los datos de peso (g) presentaron distribución normal, No significativo (ns). Estadístico de prueba de normalidad (W).

Además, se encontró que el peso (g) que obtuvieron los hongos al iniciar la fructificación por sustrato presentaron distribución normal ( $p > 0.05$ ), considerando la prueba de Shapiro-Wilk (ver tabla 13). El siguiente supuesto que se consideró fue el de homogeneidad de varianzas de acuerdo con Fligner-Killeen ( $X^2_c = 3.75$  ns), Levene ( $F^* = 2.55$  ns) y Bartlett ( $K^2_c = 5.55$  ns), en los tres casos se encontró que existe homocedasticidad.

**Tabla 13.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la variable tiempo que tarda el hongo en iniciar la fructificación (días) en los sustratos utilizados.*

Sustrato	W
Café	0.99 ns
Cartón	0.55 ns
Paja	0.73 ns

Nota. No significativo (ns). Los resultados muestran que los datos del peso de los hongos al iniciar la fructificación presentan distribución normal ( $p > 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W).

Por otra parte, el análisis de varianza de una vía, ( $F^* = 9.66^{***}$ ) indicó que existen diferencias estadísticas significativas entre las especies de *Pleurotus* ( $p < 0.001$ ). Sin embargo, por sustrato ( $F^* = 0.41$  ns) no se observaron diferencias estadísticas significativas entre las especies de *Pleurotus* por sustrato ( $p > 0.05$ ). La prueba de comparación de medias múltiples de Tukey mostró que *Pleurotus ostreatus* obtuvo el mayor peso seguido de *P. citrinopileatus*, mientras que *P. djamor* mostró la menor fructificación, respecto a *P. pulmonarius* produjo una cantidad intermedia entre *P. citrinopileatus* y *P. djamor* ( $p < 0.05$ , ver tabla 14 y figura 31).

**Tabla 14.**

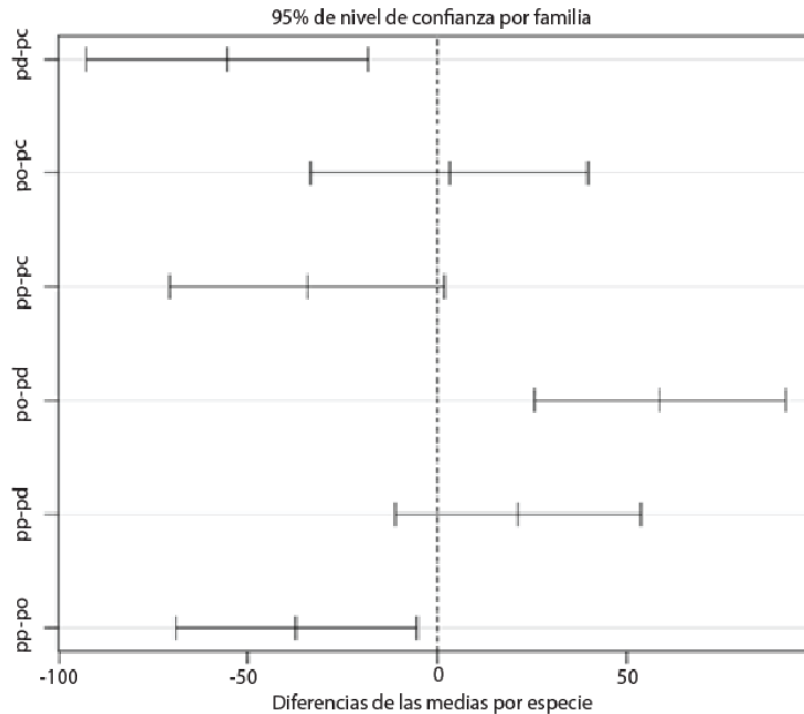
*Prueba de medias múltiples de Tukey para el peso de los hongos al iniciar la fructificación*

Especie	Peso (g)
<i>P. ostreatus</i> <sup>a</sup>	91.0
<i>P. citrinopileatus</i> <sup>ab</sup>	88.0
<i>P. pulmonarius</i> <sup>bc</sup>	53.6
<i>P. djamor</i> <sup>c</sup>	32.4

Nota. <sup>a, b y c</sup> muestran la agrupación de la comparación de medias múltiples para el peso de los hongos.

### Figura 31.

Prueba de medias múltiple de Tukey para el peso de los hongos al iniciar la fructificación



Nota. Se muestra la prueba de comparación de medias múltiples de Tukey del peso seco del micelio de las especies de *Pleurotus* obtenido de abril a mayo de 2024 en el laboratorio de biología y química de la UACM plantel Casa Libertad.

### Humedad

Se encontró que *Pleurotus ostreatus* mostró un porcentaje de humedad cercano al 95 % sin importar el sustrato de siembra (paja, cartón o café). Respecto a *P. djamor*, los niveles de humedad fueron muy similares en cada uno de los sustratos, sin embargo, los experimentos para el sustrato café fueron repetidos porque en el experimento inicial no se obtuvo producción del hongo, probablemente porque el riego en este sustrato no fue suficiente para el desarrollo de los primordios ya que se observó aglomeración, por tal motivo se decidió realizar un piloto mezclando dos sustratos (café y cartón). El porcentaje de humedad de los hongos (ver tabla 15) de cada una de las especies se mantuvo en un rango de (85-93 %). Lo anterior concuerda para *Pleurotus ostreatus* con lo reportado por Nieto-Juárez et al. (2021), quienes reportaron 88 % de humedad,

sin embargo, nuestros resultados demuestran que el manejo de la producción del hongo fue el adecuado debido a que el contenido de agua en los alimentos guarda estrecha relación con la humedad en el ambiente que los rodea.

**Tabla 15.**

*Valor promedio de humedad (%) de los hongos Pleurotus respecto del sustrato y especie*

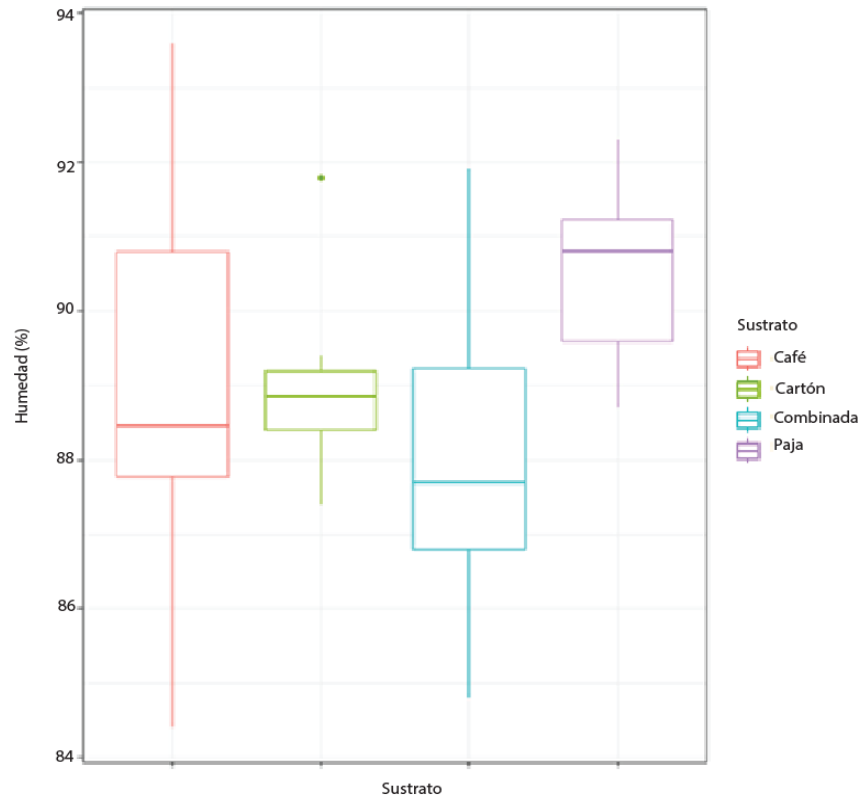
<b>Especie</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Promedio de humedad (%) ± DE</b>
<i>P. ostreatus</i>	Paja	91.04 ± 0.03
	Café	93.15 ± 0.36
	Cartón	88.56 ± 0.54
	Combinada	91.7 ± 0.28
<i>P. djamour</i>	Paja	91,91 ± 0.34
	Cartón	88.50 ± 1.01
	Combinada	85.39 ± 0.72
<i>P. pulmonarius</i>	Paja	89.51 ± 0.37
	Café	85.52 ± 1.97
	Cartón	89.93 ± 1.61
	Combinada	87.31 ± 0.30
<i>P. citronipileatus</i>	Paja	89.60 ± 0.98
	Café	93.15 ± 0.36
	Cartón	88.77 ± 0.38

Nota. Los datos representan la media ± desviación estándar (DE) por especie, n= 3.

La cantidad de humedad (%) obtenida en *Pleurotus* fue mayor en Paja, en seguida el sustrato de cartón y los que tuvieron menor contenido de humedad fueron las setas que crecieron en café y por último combinada. El contenido de humedad de *Pleurotus* fue más homogéneo en cartón y el que tuvo mayor heterogeneidad fueron los que crecieron en café (Figura 32).

### Figura 32.

Contenido de humedad (%) de *Pleurotus* cultivados en cuatro sustratos café, cartón, paja de trigo y combinada

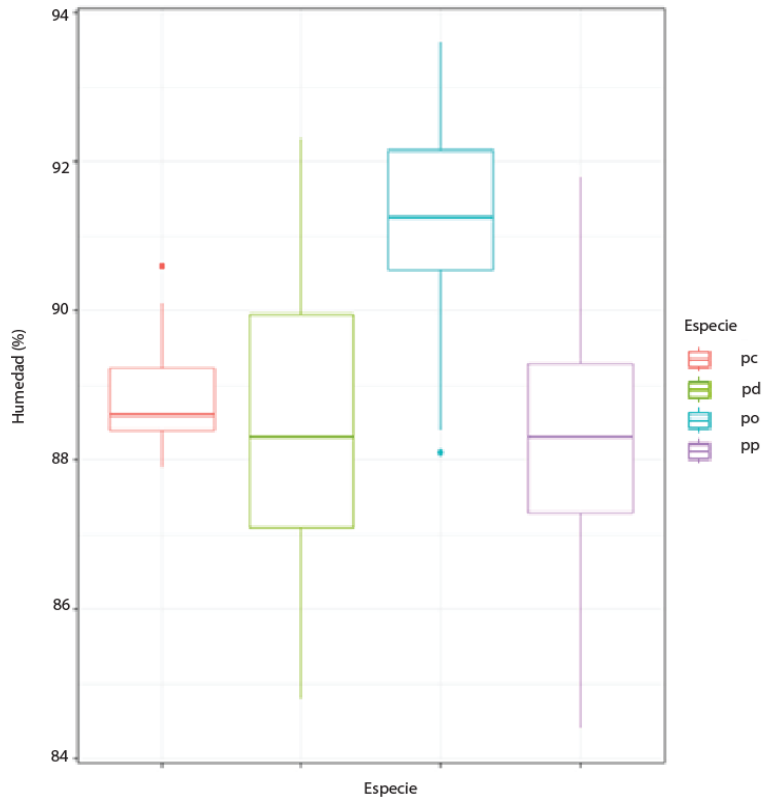


Nota. El gráfico muestra el promedio del contenido de humedad (%) de las diferentes especies de *Pleurotus* cultivadas en sustratos de paja, cartón, café y combinada.

*Pleurotus ostreatus* presentó el mayor contenido de humedad (%) estando por encima del 90 %, esto coincide con el 86.0 % reportado por Alam et al (2008), mientras que las otras tres especies mostraron un contenido de humedad similar. Sin embargo, *P. citrinopileatus* mostró mayor homogeneidad, le siguieron *P. ostreatus* y *P. pulmonarius*, destacando que la especie con mayor variabilidad fue *P. djamor* (ver figura 33). Finalmente, los rangos de humedad para cada una de las especies de *Pleurotus* coinciden con lo reportado por Ciappini (2004) para otros hongos como champiñón, shitaque y boletus.

**Figura 33.**

Contenido de humedad (%) en especies de *Pleurotus* cultivadas en café, cartón, paja de trigo y sustrato combinado.



Nota. El gráfico muestra el promedio del contenido de humedad (%) de las diferentes especies de *Pleurotus* cultivadas en sustratos de paja, cartón, café y combinada. \* *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

De acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk (W\*) se encontró que los datos de humedad (%) por sustrato café, paja y combinada presentaron distribución normal ( $p > 0.05$ ) con excepción de lo encontrado para los hongos que crecieron en cartón ( $p < 0.05$ , ver Tabla 16).

**Tabla 16.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de humedad (%) vs sustrato de siembra.*

<b>Sustrato</b>	<b>W</b>
Café	0.92 ns
Cartón	0.83*
Paja	0.96 ns
Combinada	0.90 ns

Nota. No significativo (ns) ( $p > 0.05$ ); \* significativo ( $p < 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W).

Los resultados obtenidos para *Pleurotus citrinopileatus* y *P. pulmonarius* presentaron normalidad ( $p > 0.05$ ), no así para *P. ostreatus* y *P. djamor* ( $p < 0.05$ , ver Tabla 17).

Para el supuesto de homocedasticidad las pruebas de Bartlett ( $K^2 = 16.11$ ,  $p < 0.05$ ) y Levene ( $F^* = 3.36$ ,  $p < 0.05$ ) mostraron que no existe homocedasticidad, sin embargo, Fligner-Killeen ( $X^2_c = 7.27$ ,  $p > 0.05$ ) mostró que sí existe homocedasticidad, por lo que para comparar el contenido de humedad fue necesario realizar la prueba de Friedman para una DBA (diseño en bloques aleatorizado).

**Tabla 17.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk del contenido de humedad (%) de las especies de Pleurotus*

<b>Especie</b>	<b>W</b>
<i>P. citrinopileatus</i>	0.91 ns
<i>P. djamor</i>	0.95 ns
<i>P. ostreatus</i>	0.93 ns
<i>P. pulmonarius</i>	0.94 ns

Nota. No significativo (ns) ( $p > 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W).

Finalmente, la prueba de Friedman determinó que no existen diferencias estadísticas significativas ( $X^2_c = 2.7$ ,  $p > 0.05$ ) en el contenido de humedad (%) en las especies de *Pleurotus* cultivados en café, cartón y paja, así como entre las diferentes especies, es decir el contenido de humedad (%) de *Pleurotus citrinopileatus*, *P. djamor*, *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* no difieren estadísticamente entre ellos ( $X^2_c = 2.7$ ,  $p > 0.05$ ).

### **Ceniza**

La cantidad de ceniza (%) obtenida mostró variabilidad entre especies y sustratos, sin embargo, se observó que la combinación de sustratos (cartón y café) presentó valores más homogéneos en cada una de las especies del hongo en comparación con los sustratos independientes (ver tabla 18, figuras 34 y 35).

Es importante mencionar que en todos los casos la cantidad de cenizas difiere de lo reportado por Irshad et al (2023), quienes encontraron que el contenido de cenizas en diferentes especies de *Pleurotus* se encontraba en el rango de 2.1 a 9.4 %, lo anterior significa que el contenido de minerales de los hongos obtenidos por nosotros es 10 veces menor.

**Tabla 18.**

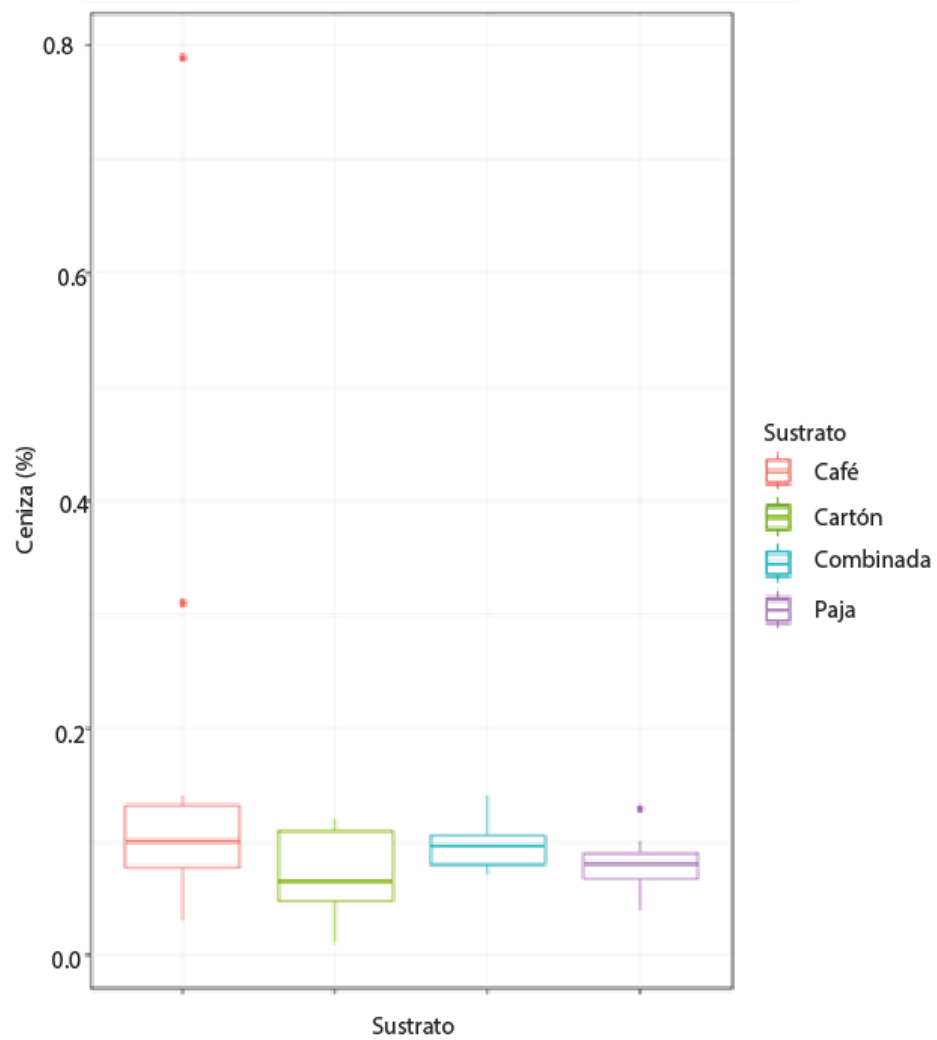
Valor promedio de cenizas (%) obtenidas por especie y sustrato del cultivo

<b>Especie</b>	<b>Sustrato</b>	<b>% ceniza ± DE</b>
<i>P. ostreatus</i>	Paja	0.05 ± 0.01
	Café	0.07 ± 0.37
	Cartón	0.03 ± 0.02
	Combinada	0.08 ± 0.00
	Paja	0.09 ± 0,01
<i>P. djamor</i>	Cartón	0.10 ± 0.01
	Combinada	0.08 ± 0.01
	Paja	0.06 ± 0.00
	Café	0.08 ± 0.02
	Cartón	0.09 ± 0.02
<i>P. pulmonarius</i>	Combinada	0.12 ± 0.01
	Paja	0.10 ± 0.02
	Café	0.06 ± 0.02
<i>P. Citrinopileatus</i>	Cartón	0.04 ± 0.02

Nota. Los datos representan la media ± desviación estándar (DE) por especie, n= 3.

**Figura 34.**

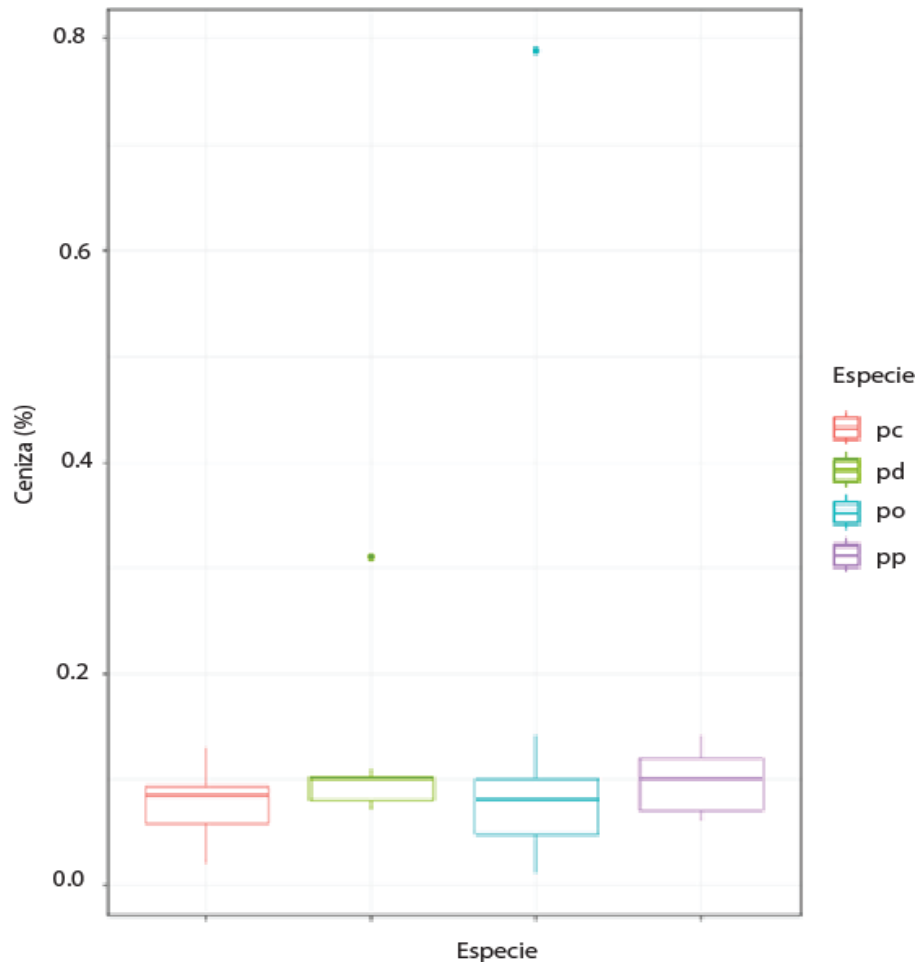
*Cantidad de ceniza (%) respecto de los sustratos de cultivo*



Nota. El gráfico muestra el % de ceniza obtenido respecto a los sustratos de cultivo.

**Figura 35.**

*Contenido de cenizas (%) por especie de Pleurotus*



Nota. El gráfico muestra la cantidad de ceniza (%) según la especie del hongo cultivada en cuatro sustratos café, cartón, paja de trigo y combinada entre cartón y café, de abril a mayo de 2024 en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad de la UACM.

\* *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp).

De acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk ( $W^*$ ) se encontró que los datos de ceniza (%) por sustrato (cartón, paja y combinada) presentaron distribución normal ( $p > 0.05$ ) a diferencia del sustrato café ( $p < 0.05$ , ver tabla 19).

**Tabla 19.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de cenizas (%) de las distintas especies de Pleurotus considerando el sustrato de cultivo*

Sustrato	W*
Café	0.58*
Cartón	0.93 ns
Paja	0.96 ns
Combinada	0.93 ns

Nota. No significativo (ns) ( $p > 0.05$ ); \* significativo ( $p < 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W).

Sin embargo, el análisis del contenido de cenizas (%) por especie arrojó que *Pleurotus citrinopileatus* y *P. pulmonarius* presentaron normalidad ( $p > 0.05$ ), a diferencia de *P. ostreatus* y *P. djamor* que no mostraron normalidad ( $p < 0.05$ , ver tabla 20).

Para el supuesto de homocedasticidad la prueba de Bartlett ( $K^2 = 54.22$ ,  $p < 0.05$ ) mostró que no existe homocedasticidad, Fligner-Killeen ( $X^2_c = 3.52$ ,  $p > 0.05$ ) y Levene ( $F^* = 1.00$ ,  $p > 0.05$ ) mostraron lo contrario, por lo que para comparar el contenido de cenizas se empleó la prueba de Friedman para un DBA.

**Tabla 20.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (W) para el análisis del contenido de ceniza (%) por especie de Pleurotus*

Especie	W*
<i>P. citrinopileatus</i>	0.96 ns
<i>P. djamor</i>	0.52 *
<i>P. ostreatus</i>	0.49 *
<i>P. pulmonarius</i>	0.86 ns

Nota. No significativo (ns) ( $p > 0.05$ ); \* significativo ( $p < 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W).

La prueba de Friedman determinó que no existen diferencias estadísticas significativas ( $X^2_c = 1.5$ ,  $p > 0.05$ ) en el contenido de cenizas (%) en las especies de *Pleurotus* cultivados en café, cartón y paja, así como entre las diferentes especies, es decir el contenido de cenizas (%) de *Pleurotus citrinopileatus*, *P. djamor*, *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* no difieren estadísticamente entre ellos ( $X^2_c = 2.08$ ,  $p > 0.05$ ).

### **Azúcares Totales**

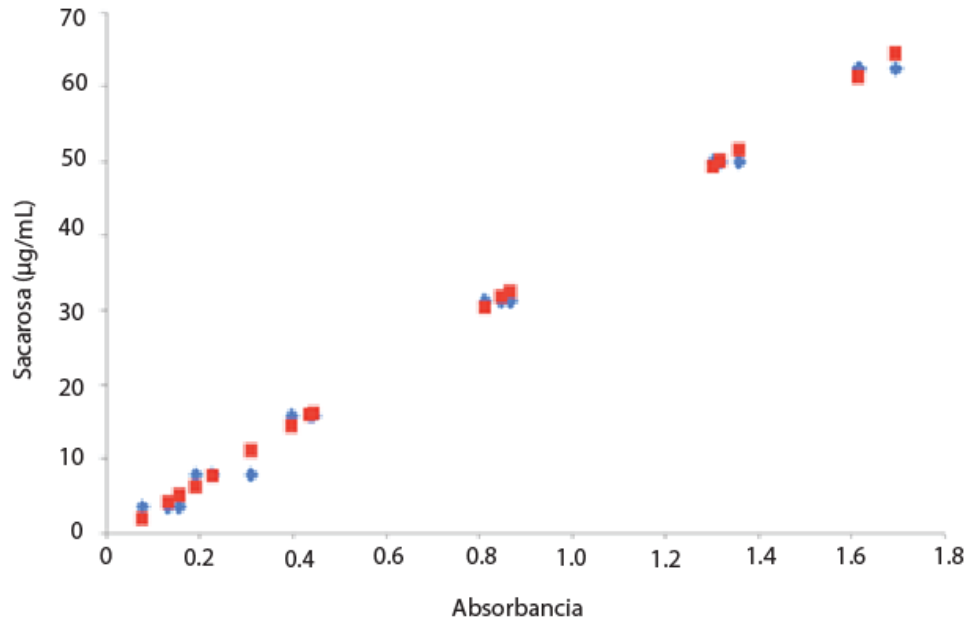
Para realizar la curva estándar con la cual se cuantificó los azúcares totales, se empleó el método de Dubois (1956), utilizando como estándar de referencia sacarosa, el modelo de regresión lineal simple (RLS) fue el siguiente:  $azutot\ esp = (36.62 * Abs) - 1.192$ .

El coeficiente de correlación de Pearson fue de  $r = 0.9982$ , lo cual indica que existe asociación directamente proporcional entre la absorbancia y los azúcares totales.

El análisis de varianza mostró que la pendiente es diferente de cero ( $F^* = 4452$ ,  $p < 0.05$ ) y el coeficiente de determinación muestra que el modelo obtenido puede predecir los azúcares totales de manera adecuada ( $R^2 = 0.9964$ ) con base en este modelo se estimaron los azúcares totales en cada muestra (ver figura 36).

### Figura 36.

Modelo de regresión lineal simple (RLS) de sacarosa utilizado para cuantificar los azúcares totales en las muestras.

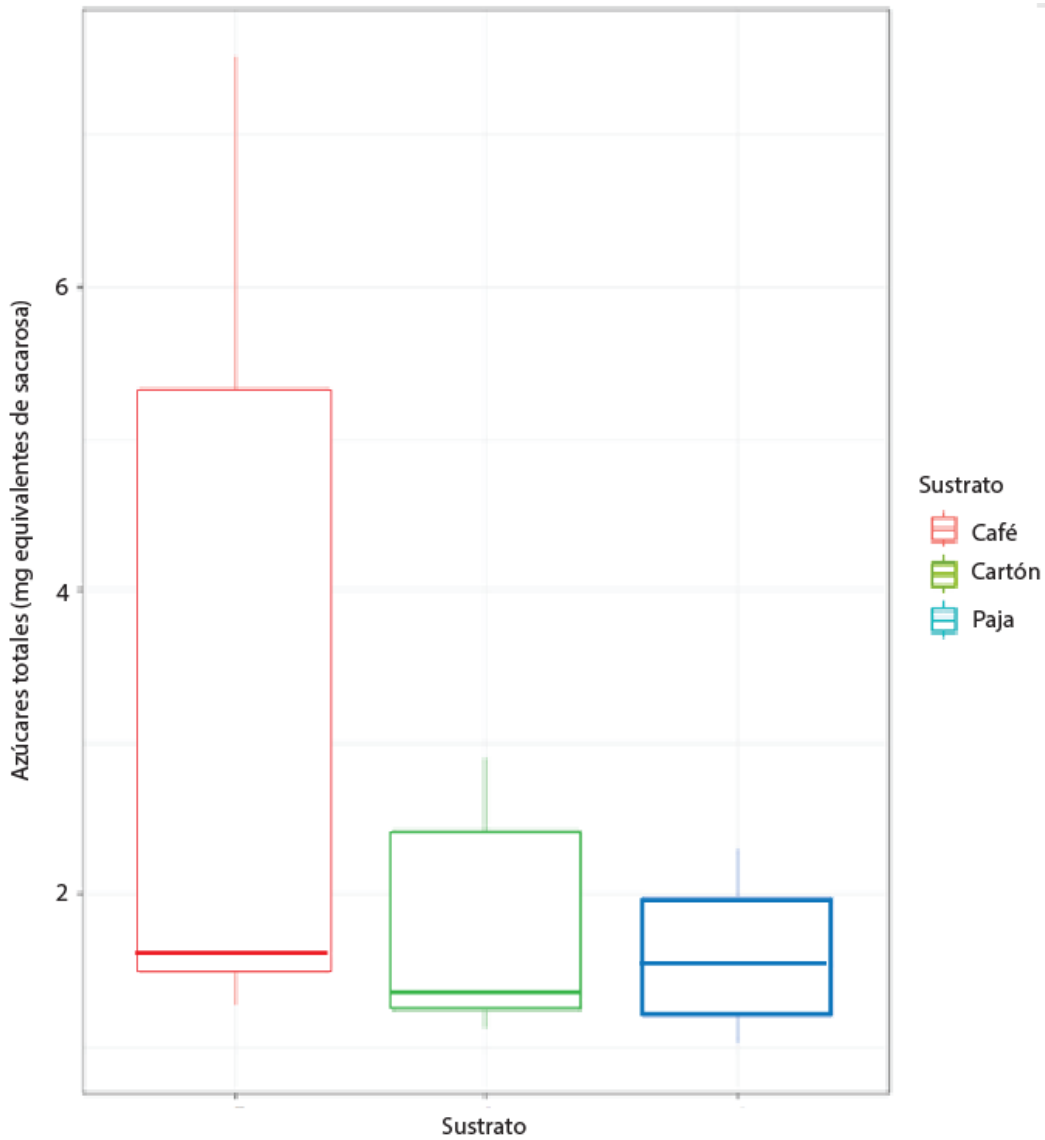


Nota. Los cuadros de color rojo muestran los valores esperados de los azúcares totales y los cuadros de color azul son los valores observados de sacarosa.

Con respecto a los sustratos de crecimiento la cantidad de azúcares totales (mg/mL) obtenida en *Pleurotus* fue mayor para los hongos crecidos en café, seguido de los crecidos en paja y cartón. El contenido de azúcares totales de *Pleurotus* fue más homogéneo en paja y más heterogéneo en café (ver figura 37).

**Figura 37.**

*Contenido de azúcares totales de Pleurotus por sustrato*

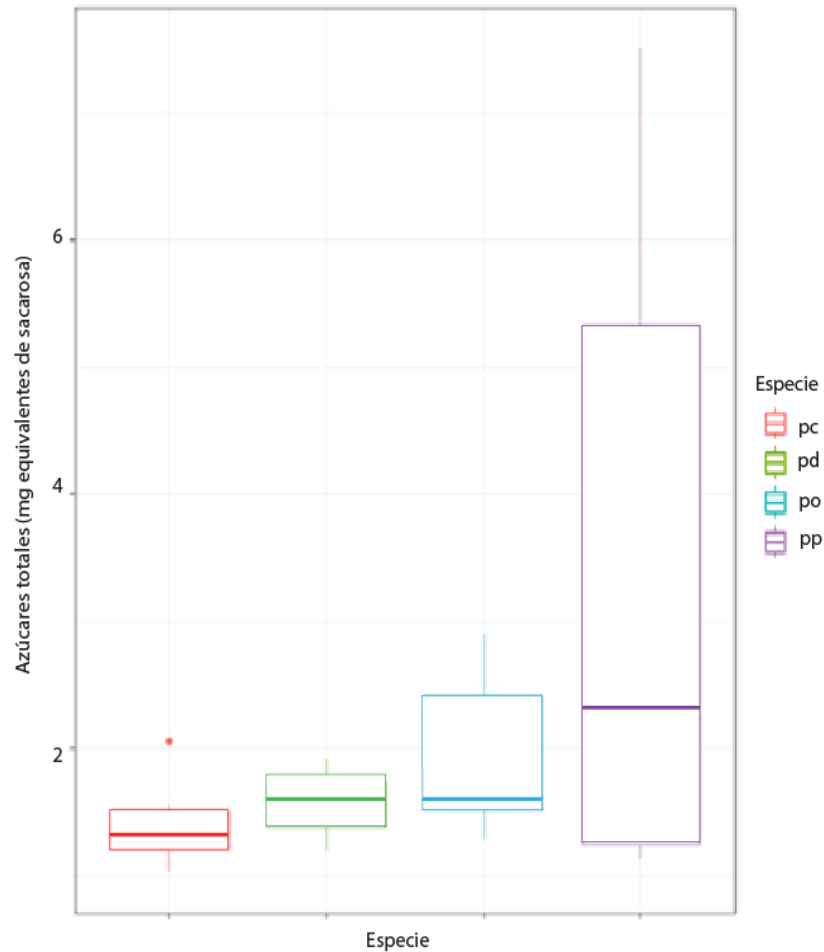


Nota. Se muestra el contenido de azúcares totales en los hongos cultivados en diferentes sustratos como café, cartón y paja de trigo, de abril a mayo del 2024 en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad de la UACM.

Respecto de la especie del hongo, el mayor contenido de azúcares totales (mg/mL) se encontró para *Pleurotus pulmonarius*, seguido de *P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. citrinopileatus*, de estas especies *P. djamor* mostró mayor homogeneidad, le siguieron *P. ostreatus* y *P. citrinopileatus*, destacando que la especie con mayor variabilidad fue *P. pulmonarius* (ver figura 38).

**Figura 38.**

*Contenido de azúcares totales por especie de Pleurotus*



Nota. Se muestran el contenido de azúcares totales de *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. djamor* (pd), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp), que se cultivaron en tres sustratos café, cartón y paja de trigo, de abril a mayo de 2024 en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias del plantel Casa Libertad de la UACM.

De acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk ( $W^*$ ) se encontró que los datos de azúcares totales de *Pleurotus* en paja presentaron distribución normal ( $p > 0.05$ ), a diferencia de los hongos que crecieron en café y cartón ( $p < 0.05$ , ver tabla 21).

**Tabla 21.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tipo de sustrato donde se midió el contenido de azúcares totales de Pleurotus*

Sustrato	W*
Café	0.75*
Cartón	0.78*
Paja	0.90 ns

Nota. No significativo (ns) ( $p > 0.05$ ); \* significativo ( $p < 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W)

El contenido de azúcares totales de *Pleurotus citrinopileatus* presentó normalidad ( $p > 0.05$ ), mientras que las otras especies no tuvieron normalidad ( $p < 0.05$ , ver tabla 22). Para el supuesto de homocedasticidad las pruebas de Fligner-Killeen ( $X^2_c = 1.02$ ,  $p > 0.05$ ), Levene ( $F^* = 2.19$ ,  $p > 0.05$ ) mostraron que si tienen homocedasticidad y Bartlett ( $K^2 = 19.08$   $p < 0.05$ ) mostró que no existe homocedasticidad, por lo tanto, la prueba para comparar el contenido de azúcares totales fue la de Friedman para una DBA.

**Tabla 22.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por especie donde se midió el contenido de azúcares totales de Pleurotus*

<b>Especie</b>	<b>W*</b>
<i>P. citrinopileatus</i>	0.90ns
<i>P. ostreatus</i>	0.82*
<i>P. pulmonarius</i>	0.82*

Nota. No significativo (ns) ( $p > 0.05$ ); \* significativo ( $p < 0.05$ ). Estadístico de prueba de normalidad (W).

La prueba de Friedman determinó que no existen diferencias estadísticas significativas ( $X^2_c = 0.67$ ,  $p > 0.05$ ) en el contenido de azúcares totales en las especies de *Pleurotus* cultivados en café, cartón y paja, así como entre las diferentes especies, es decir el contenido de azúcares totales de *Pleurotus citrinopileatus*, *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* no difieren estadísticamente entre ellos ( $X^2_c = 0.67$ ,  $p > 0.05$ , ver tabla 23). Nuestro resultado para *P. ostreatus* es dos veces menor que lo reportado por Alam et al (2008) quienes encontraron un contenido de  $5.09 \pm 0.19$  g/100 g de hongo fresco, lo anterior puede explicarse mediante los hallazgos de Rosas-Rosas (2017) quien demostró que el contenido de azúcares totales disminuye cuando el hongo es almacenado en refrigeración por 12 días, en nuestro caso las muestras de hongos se dejaron almacenadas dos semanas después del corte, lo anterior debido a la falta de un reactivo necesario para procesar las muestras.

**Tabla 23.**

*Contenido de azúcares totales según el sustrato de cultivo*

<b>Sustrato</b>	<b>Especie</b>	<b>Contenido promedio de azúcares totales (mg/mL)</b>	<b>Contenido promedio de azúcares g/100 g de peso fresco del hongo</b>
Café	<i>P. citrinopileatus</i>	1.65	1.48
Cartón	<i>P. citrinopileatus</i>	1.38	1.24
Paja	<i>P. citrinopileatus</i>	1.09	0.98
Café	<i>P. ostreatus</i>	1.46	1.31
Cartón	<i>P. ostreatus</i>	2.72	2.44
Paja	<i>P. ostreatus</i>	1.60	1.44
Café	<i>P. pulmonarius</i>	6.10	5.49
Cartón	<i>P. pulmonarius</i>	1.17	1.05
Paja	<i>P. pulmonarius</i>	2.23	2.0

Nota. En la tabla se muestra el contenido de azúcares totales por especie y sustrato de cultivo del hongo, n= 3

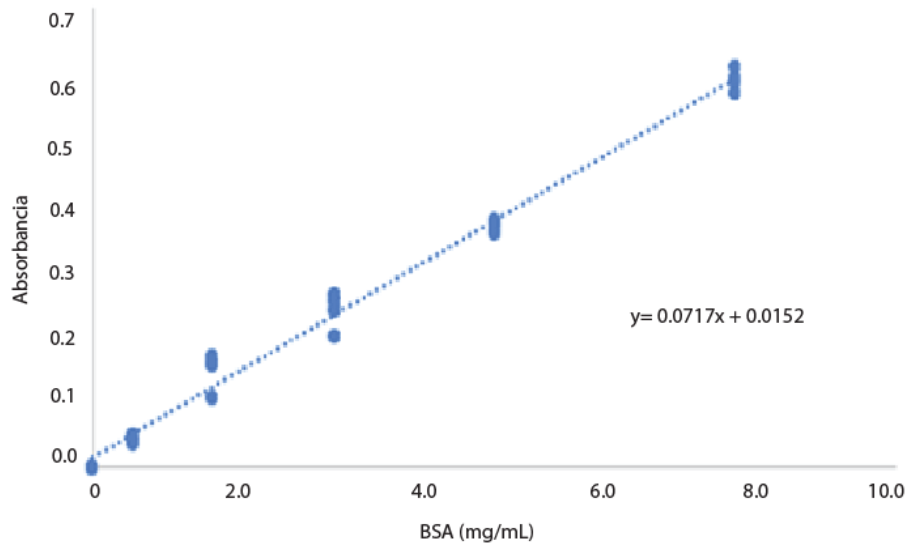
### **Proteínas**

Para realizar la curva estándar con la cual se cuantificaron las proteínas, según el método de Lowry (1951), utilizando como referencia albúmina serica bobina (BSA), el modelo de regresión lineal simple (RLS) fue el siguiente: proteínas esp= (0.017\*Absi) + 0.0152, en donde se realizó un despeje proteínas esp = (Absi-0.0152) / 0.017.

El coeficiente de correlación de Pearson fue de r= 0.995 lo cual indica que existe asociación directamente proporcional entre la absorbancia y las proteínas. El análisis de varianza mostró la pendiente es diferente a cero ( $F^* = 2091.2$ ,  $p < 0.05$ ) y el coeficiente de determinación muestra que el modelo obtenido puede predecir las proteínas de manera adecuada ( $R^2 = 0.990$ ) con base en este modelo se estimaron las proteínas en cada muestra (ver figura 39).

### Figura 39.

Modelo de regresión lineal simple (RLS) de BSA para cuantificar las proteínas.

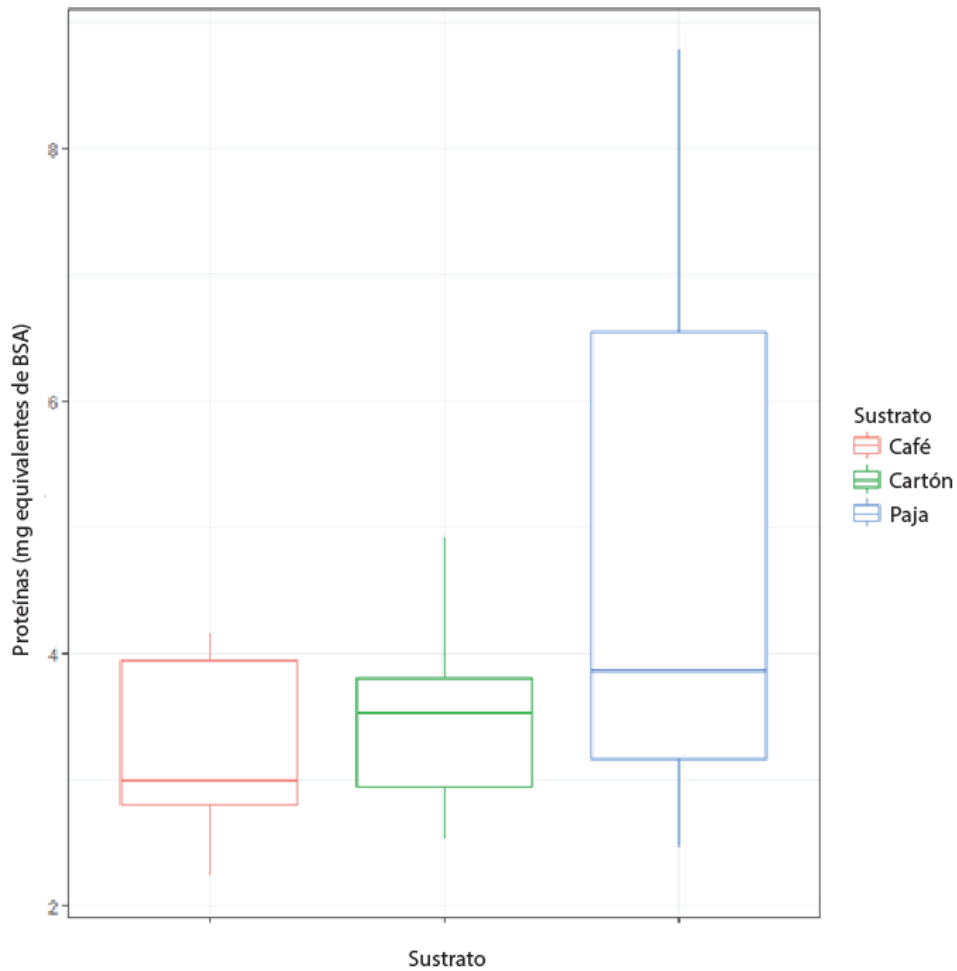


Nota. En el eje X se encuentra los valores de proteínas y en el eje Y el valor de absorbancia, se muestra la ecuación de la recta.

La cantidad de proteínas (mg/mL) obtenida en *Pleurotus* fue mayor en paja, en seguida el sustrato de cartón y el que tuvo menor contenido de proteínas fueron las setas que crecieron en café. El contenido de proteínas de *Pleurotus* fue más homogéneo en cartón y el que tuvo mayor heterogeneidad fueron los que crecieron en paja seguido de café (ver figura 40).

**Figura 40.**

*Contenido de proteínas de Pleurotus por sustrato*

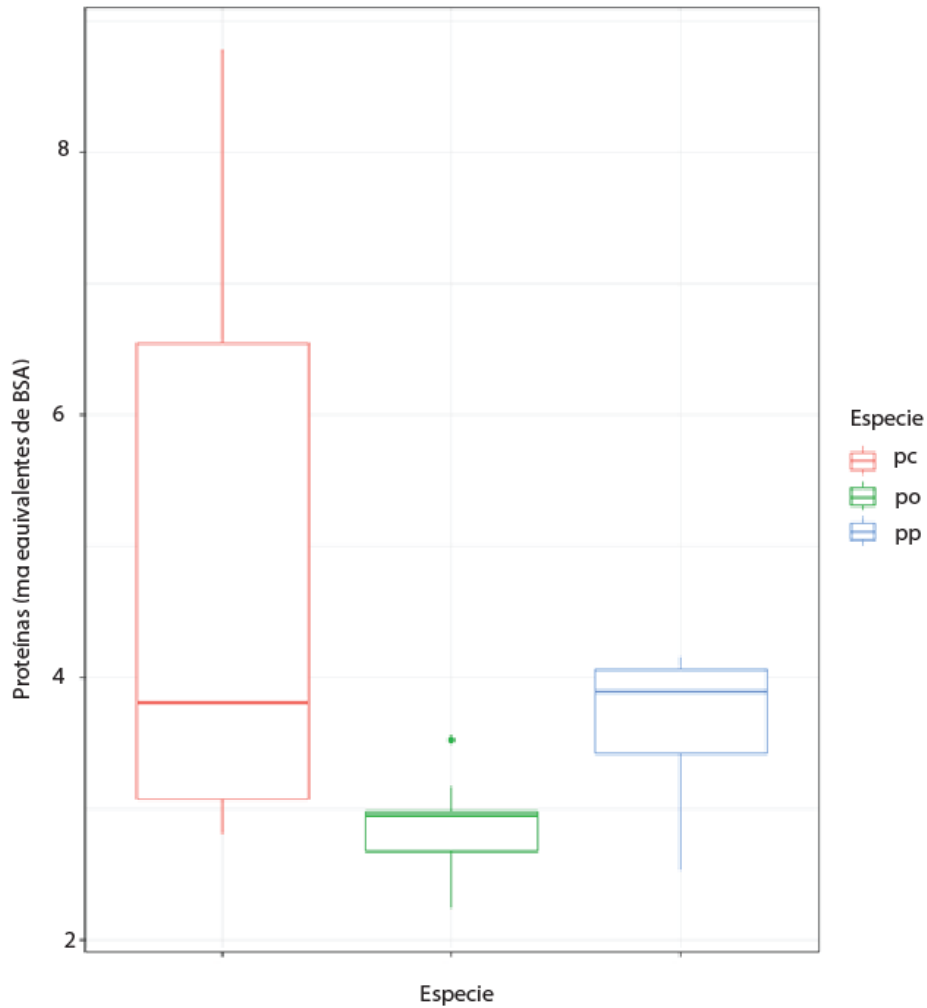


Nota. Se muestra el contenido de proteínas de *Pleurotus* que se cultivaron en tres sustratos café, cartón y paja de trigo, de abril a mayo de 2024 en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias Casa Libertad de la UACM.

*Pleurotus pulmonarius* presentó el mayor contenido de proteínas (mg/mL), después *P. citrinopileatus* y por último *P. ostreatus* mostró un contenido de proteínas menor, sin embargo, la especie con mayor variabilidad fue *P. citrinopileatus* siguiendo *P. pulmonarius* y por último *P. ostreatus* (ver figura 41).

**Figura 41.**

*Contenido de proteínas por especie de Pleurotus*



Nota. Se muestran el contenido de proteínas de *Pleurotus citrinopileatus* (pc), *P. ostreatus* (po), *P. pulmonarius* (pp), que se cultivaron en tres sustratos café, cartón y paja de trigo, de abril a mayo de 2024 en el invernadero del huerto de plantas medicinales y alimenticias Casa Libertad de la UACM.

De acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk ( $W^*$ ) se encontró que los datos de proteínas por sustrato de café, cartón y paja presentaron distribución normal ( $p > 0.05$ , ver tabla 24).

**Tabla 24.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por tipo de sustrato donde se midió el contenido de proteínas de Pleurotus.*

Sustrato	W*
Café	0.89 ns
Cartón	0.95 ns
Paja	0.85 ns

Nota. ns, no significativo ( $p > 0.05$ ).

Con el contenido de proteínas, las especies de *Pleurotus citrinopileatus* y *P. ostreatus* presentaron normalidad ( $p > 0.05$ ) por el contrario *P. Pulmonarius* no presentó normalidad ( $p < 0.05$ , ver tabla 25). Para el supuesto de homocedasticidad las pruebas de Levene ( $F^* = 3.48$ ,  $p < 0.05$ ) y Bartlett ( $K^2 = 14.97$ ,  $p < 0.05$ ) mostraron que no existe homocedasticidad, Fligner-Killeen ( $X^2_c = 3.89$ ,  $p > 0.05$ ) mostró que sí existe homocedasticidad, por lo tanto, siendo dos pruebas refutando la existencia de homocedasticidad, la prueba para comparar el contenido de proteínas fue la de Friedman para una DBA.

**Tabla 25.**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk donde se midió el contenido de proteínas de Pleurotus por especie*

Especie	W*
<i>P. citrinopileatus</i>	0.87 ns
<i>P. ostreatus</i>	0.97 ns
<i>P. pulmonarius</i>	0.80 *

Nota. ns, no significativo ( $p > 0.05$ ); \* significativo ( $p < 0.05$ ) Estadístico de prueba de normalidad (W).

La prueba de Friedman determinó que no existen diferencias estadísticas significativas ( $X^2_c = 0.7$ ,  $p > 0.05$ ) en el contenido de proteínas en las especies de *Pleurotus* cultivados en café, cartón y paja, así como entre las diferentes especies, es decir el contenido de proteínas de *P. citrinopileatus*, *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* no difieren estadísticamente entre ellos ( $X^2_c = 4.7$ ,  $p > 0.05$ , ver tabla 26). Nuestros resultados para *P. ostreatus* son similares a lo reportado por Alam et al (2008) y Rosas-Rosas (2017), quienes encontraron que el contenido de proteínas para esta especie fue de  $3.4 \pm 0.4$  g/100 g de hongo fresco y  $23.9 \pm 2.0$  g/100 g de hongo seco y 4 mg/mL de albumina sérica bovina respectivamente, lo anterior significa que la cantidad de proteínas en el hongo es similar a la reportada en otras investigaciones por lo que además nuestro trabajo demuestra que el sustrato de cultivo no modifica la cantidad de proteína en el mismo.

**Tabla 26**  
*Contenido promedio de proteínas por sustrato de Pleurotus.*

Sustrato	Especie	Contenido promedio de proteínas (mg/mL)	g de proteína /100g de hongo fresco
Café	<i>P. citrinopileatus</i>	2.96	2.66
Cartón	<i>P. citrinopileatus</i>	4.16	3.7
Paja	<i>P. citrinopileatus</i>	7.65	6.88
Café	<i>P. ostreatus</i>	2.63	2.36
Cartón	<i>P. ostreatus</i>	3.11	2.79
Paja	<i>P. ostreatus</i>	2.87	2.58
Café	<i>P. pulmonarius</i>	4.06	3.65
Cartón	<i>P. pulmonarius</i>	3.28	2.95
Paja	<i>P. pulmonarius</i>	3.78	3.40

Nota. La tabla muestra el contenido promedio de proteínas por especie de *Pleurotus* y sustrato de cultivo, experimento realizado de abril a mayo de 2024.

## CONCLUSIONES

Desde las líneas de acción de la promoción de la salud propuestos en la carta de Ottawa el presente trabajo buscó incidir sobre la creación de ambientes favorables, el reforzamiento de la acción comunitaria, así como el desarrollo de aptitudes personales dado que implementó como estrategia de Promoción de la Salud el uso de residuos para la producción de hongos como una alternativa para garantizar la disponibilidad alimentaria, este objetivo se cumplió favorablemente puesto que se logró producir hongos en residuos de café y cartón, observándose mayor desarrollo de los hongos en este último sustrato posiblemente porque dicho sustrato conserva mayor cantidad de humedad lo que permitió una producción constante a lo largo del tiempo y hongos de mayor tamaño. Por otra parte, el café no puede considerarse un buen sustrato de siembra debido a que mantener la humedad en dicho sustrato es complicado, la falta de humedad no permite el crecimiento de los primordios por lo que la producción de setas es menor.

La prueba piloto de la combinación de los sustratos de café y cartón resultó exitosa para la fructificación de setas posiblemente por el aporte de nitrógeno proporcionado por el café y la celulosa y lignina aportada por el cartón, por lo que se recomienda evaluar a profundidad la combinación de sustratos; el café no se descarta sin embargo necesita un cuidado más riguroso para conservar la humedad.

Es importante destacar que para tener una mejor producción se debe llevar a cabo la siembra en temporadas con temperatura aproximadas a 24 o 25 °C, sin embargo, si se puede realizar el cultivo en cualquier época del año con ayuda de un mecanismo que regule la temperatura y humedad ambiental.

La producción de hongos permite garantizar la disponibilidad alimentaria, pues se comprobó que al realizar el cultivo de setas se obtuvieron constantemente fructificaciones en un corto tiempo permitiendo el autoconsumo y asegurando la calidad e higiene del producto dado que los controles de inocuidad durante el proceso de siembra y riego permiten una cosecha libre de patógenos.

La calidad nutricional de los hongos obtenidos es comparable con la reportada en la literatura, los niveles de humedad se mantuvieron constantes en un rango de 87 a 90 (%) en cualquiera de los sustratos empleados y entre un 88 a un 91 (%) si se considera la especie como parámetro de control, respecto a los resultados de ceniza los porcentajes se mantuvieron en rangos de 0.03 a 0.05 (%) por sustrato y de 0.04 a 0.12 por especie, dichos valores concuerdan con lo reportado en la literatura para *P. ostreatus*.

Respecto al contenido de azúcares totales los resultados mostraron concentraciones de 1.2 a 2.8 g/100 g de peso fresco del hongo, estos valores difieren de lo reportado en la literatura, sin embargo la causa de esta diferencia puede deberse a que las muestras se conservaron en refrigeración por dos semanas previo a su análisis, finalmente nuestro trabajo demostró que el contenido de proteínas en el hongo es similar entre las especies y que el sustrato no modifica este parámetro de medición; cabe destacar que *P. djamor* no fructificó en el sustrato café por lo que no pudieron realizarse las pruebas de azúcares totales y proteínas, por lo cual consideramos que la siembra de este hongo en sustrato café deber ser específicamente en temperaturas de entre 19 °C a 25 °C para una buena producción.

se concluye que el cultivo de setas es viable en sustratos de desecho y brinda oportunidad para promover el bienestar individual y comunitario, por lo que el presente proyecto de tesis podría replicarse como un proyecto de vinculación y extensión universitaria que favorezca la disponibilidad alimentaria en espacios cercanos al plantel Casa Libertad y de esta manera coadyuvar con la reducción de residuos, promoviendo la sustentabilidad, el empoderamiento y desarrollo de aptitudes personales para los distintos grupos sociales que deseen aprender técnicas innovadoras y de bajo costo para la producción de alimentos.

## **Perspectivas**

El presente trabajo genera las siguientes perspectivas:

- 1) Evaluar la producción y calidad del hongo en un proyecto piloto que emplee la combinación de borra de café y cartón.
- 2) Evaluar las condiciones de producción de setas bajo condiciones de invernadero, con un control automatizado de la temperatura y humedad.
- 3) Emplear otros residuos como sustratos de cultivo de hongos.
- 4) Implementar un proyecto de vinculación universitaria que permita la enseñanza de habilidades.
- 5) Ofrecer capacitación relacionada al potencial nutricional y forma de inclusión de este alimento de alto valor nutricional a la dieta.

## Referencias

- Acosta-Urdapilleta Ma de L., Téllez-Téllez, M., Villegas E., Estrada A., Díaz-Godínez, G. (2016). Caracterización de cinco especies de *Pleurotus* crecidas en cuatro medios de cultivo. Mexican Journal of Biotechnology 2016,1(1):1-11. (28/03/2025), desde: [https://docs.wixstatic.com/ugd/38ce56\\_d327acf2988c41baa684ecc80ffaf32b.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/38ce56_d327acf2988c41baa684ecc80ffaf32b.pdf)
- Agapito-Ocampo. A. R. (2021). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para la producción de hongos funcionales. Tesis Posgrado Repositorio de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. (06-10-2024), desde: <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2507>
- Alam, N., Amin, R., Khan, A., Ara, I., Shim, J. M., Lee, W. M. y Lee, S. T. (2008). Nutritional Analysis of Cultivated Mushrooms in Bangladesh - *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus florida* and *Calocybe indica*. Mycobiology, The Korean Society of Mycology. (29/03/2025) desde: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3755200/pdf/mb-36-228.pdf>
- Banco Mundial. (2024) ¿Qué es la seguridad alimentaria? (12-10-2024), desde: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-update/what-is-food-security>

- Battista, F., Zanzon, S., Strazzera, G., Andreolli, M., y Bolzonella, D. (2020). The cascade biorefinery approach for the valorization of the spent coffee grounds. Renewable Energy, 157: 1203-1211, desde : <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.113>
- Bertran, V. M. (2010). Acercamiento antropológico de la alimentación y salud en México. Physis Rev. Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 20(2): 387-411, desde: <https://www.scielo.org/pdf/physis/2010.v20n2/387-411/es>
- Blas, C., García, R., Gorrachategui, M. y Mateos, G. (2019). Paja de cereales (trigo y cebada). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). (08/10/2024), desde: [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada)
- Botello-Cabrera, I.S. (2017). Comparación de Productividad de Cuatro Variedades del Hongo Comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) *P. kummer*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM, desde: <http://132.248.9.195/ptd2017/enero/0755069/0755069.pdf>
- Camberos-Castro, M. (2000). La seguridad alimentaria de México en el año 2030. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 7(1).

Carrasco-Cabrera, C. P., Tina, L. B., & Kertesz, M. A. (2019). Metabolismo de la cafeína durante el cultivo del hongo ostra. (*Pleurotus ostreatus*) con posos de café usados. Microbiología y Biotecnología. [doi.org/10.1007/s00253-019-09883-z](https://doi.org/10.1007/s00253-019-09883-z)

Carta de Okanagan: Una Carta Internacional para la Promoción de la Salud en Universidades e Instituciones de Educación Superior (2015).

Chapela-Mendoza Ma. del C. (2017). Una utopía Emancipadora de promoción de la salud. Desde: <https://enlacesxanterior.xoc.uam.mx/17/archivos/chapela.pdf>

Chauhan, P., y Gupta, D. (2017). Impact of Varying Light Duration on Radial Growth of Pink Oyster Mushroom. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci. 6(11): 368-371. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.041>

Chauhan-Ashok. K. (2009). A Textbook of Molecular Biotechnology. I. K. International Pvt Ltd. (599-600), desde: [https://books.google.com.mx/books/about/A\\_Textbook\\_of\\_Molecular\\_Biotechnology.html?id=g4bWlGcYZKEC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/A_Textbook_of_Molecular_Biotechnology.html?id=g4bWlGcYZKEC&redir_esc=y)

Clínica Universidad de Navarra (CUN). (2024). Alimentos ricos en proteínas. Nutrición y Salud. (8-10-2024), desde: <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/alimentos-ricos-proteinas>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social CONEVAL.

(2024). Evolución de las líneas de pobreza por ingresos (10-10-2024), desde:

[https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Lineas\\_de\\_Pobreza\\_por\\_Ingresos/Lineas\\_de\\_Pobreza\\_por\\_Ingresos\\_mar\\_2024.pdf#:~:text=L%C3%ADneas%20de%20pobreza%20por%20ingresos.%20%E2%80%A2%20El,ambos%20C3%A1mbitos%20fue%20superior%20a%20la%20inflaci%C3%B3n](https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Lineas_de_Pobreza_por_Ingresos/Lineas_de_Pobreza_por_Ingresos_mar_2024.pdf#:~:text=L%C3%ADneas%20de%20pobreza%20por%20ingresos.%20%E2%80%A2%20El,ambos%20C3%A1mbitos%20fue%20superior%20a%20la%20inflaci%C3%B3n)

Contreras-Trujano M. y Flores-Montes de oca. A. (2017). Manual de cultivo de

hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) de forma artesanal (10/02/2025) desde

[http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2017/05/Cultivo\\_de\\_hongo\\_seta.pdf](http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2017/05/Cultivo_de_hongo_seta.pdf)

Cruz, D., López- de León, E., Pascual, L. F. y Battaglia, M. (2010). Guía técnica de

producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. J.

Agric Environ Int Develop. 104(3-4): 139-154.

Cruz, M., Ibañez, J., y Flores J. (2023). Red de Promotoras Voluntarias de Salud en

Iztapalapa. Programa de acción esencial en salud. Servicios de Salud Pública

de la Ciudad de México. 1-163.

Cueva-Clavijo, R. I. (2020) Evaluación de la productividad del cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm en el módulo del Bosque de los hongos azules (Santa María Ahuacatlán, Morelos) (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Del Estado De Morelos. Recuperado de: <https://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3553/CUCRLY05.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Robers, P.A., Smith, F. (1956). Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. Anal. Biochem. 28: 350-356.

Holmen Iggesund Linked In. (2023). Producción de cartón. Pro Carton. (08-10-2024), desde: <https://www.procarton.com/es/why-cartons/cartonboard-production/>

Ibarra, L. S. (2016). Transición Alimentaria en México. Razón y Palabra, 20(94): 162-165. (29-09-2024), desde: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199547464012>.

Institutos Nacionales de la Salud. (2022). Biblioteca Nacional de Medicina. MedlinePlus. Conoce cuáles son las funciones de las vitaminas y minerales en tu salud. (08-10-2024), desde: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002399.htm>

Irshad, A., Tahir, A., Sharif, S., Khalid, A., Ali, S., Naz, A., Sadia, H., y Ameen, A. (2023). Determination of Nutritional and Biochemical Composition of Selected *Pleurotus* spp. BioMed research international, 2023, 8150909. <https://doi.org/10.1155/2023/8150909>

Kashangura, C. (2008). Optimisation of the growth conditions and genetic characterisation of *pleurotus* species. (Tesis de doctorado). Universidad de Zimbabue. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/265799130\\_OPTIMISATION\\_OF\\_THE\\_GROWTH\\_CONDITIONS\\_AND\\_GENETIC\\_CHARACTERISATION\\_OF\\_PLEUROTUS\\_SPECIES](https://www.researchgate.net/publication/265799130_OPTIMISATION_OF_THE_GROWTH_CONDITIONS_AND_GENETIC_CHARACTERISATION_OF_PLEUROTUS_SPECIES)

Kumm, P. (1971) *Pleurotus ostreatus*. Hongos. Fungipedia. (2-10-2024), desde: <https://www.fungipedia.org/hongos/pleurotus-ostreatus.html>

Lalonde, M. (1974). *A New Perspective on the Health of Canadians*. Agence de la santé publique du Canada. (7-08-2024), desde: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10204/informe-lalonde.pdf>

Loaeza-Rodríguez, L. (2020). Análisis bromatológico y cuantificación de algunos factores tóxicos naturales presentes en el hongo crudo y cocido *Lactarius deliciosus* (L.) Gray, colectado en el parque Izta-Popo Zoquiapan, Estado de México. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. (15-10-2024), desde: <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000812325/3/0812325.pdf>

López-Sánchez, C. O. (2022). México, Tierra de hongos. desde: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/727530/Libro-Mexico-tierra-de-hongos-INPI.pdf>

Lowry, O.H. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193:265-273.

Magdaleno, L. C. (2013). Efecto de dos sustratos en la productividad y calidad nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm, (12-09-2024), desde: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/6476/62753%20MAGDALENO%20LOPEZ%2c%20CORAQUETZALI%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez-Sáez, S. J., Crespo-Zafra, L., y Palacio-Collado, D. (2022). Utilización de residuos lignocelulósicos provenientes de la producción de setas comestibles en la alimentación animal. *Revista de Producción Animal*, 34(3), 94-102. Epub 31 de diciembre de 2022. Recuperado en 28 de febrero de 2025, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-79202022000300094&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202022000300094&lng=es&tlng=es)

Méndez-Ventura, L. M. (2020). *Análisis Proximal. Manual de prácticas de Análisis de Alimentos*. (pp.26-29). Universidad Veracruzana. (20/09/2024), desde: <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>

Mercy-Córdova, A. (2021). Productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café y determinación del valor nutricional. (Tesis de licenciatura) Universidad Peruana Cayetano Heredia Facultad De Ciencias Y Filosofía “Alberto Cazorla Talleri”. Recuperado de [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad\\_CordovaAlberca\\_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20muestra%20de%20hongo%20Pleurotus, trifluoroac%20C3%A9tico%20y%20C3%A1cido%20clorh%20C3%ADdrico37%20C38.&text=El%20amino%20C3%A1cido%20indispensable%20con%20la, biol%20C3%B3gico%20de%20la%20prote%20C3%ADna%20alimentaria.](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad_CordovaAlberca_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20muestra%20de%20hongo%20Pleurotus, trifluoroac%20C3%A9tico%20y%20C3%A1cido%20clorh%20C3%ADdrico37%20C38.&text=El%20amino%20C3%A1cido%20indispensable%20con%20la, biol%20C3%B3gico%20de%20la%20prote%20C3%ADna%20alimentaria.)

Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, A. D., y Reyes-López, W. (2021). Evaluación del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* y de su composición nutricional en Borra de Café, México. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. (05/02/2025) desde: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2309-04132021000200027](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2309-04132021000200027)

NOM-043-SSA2-2012. Norma Oficial Mexicana. (2012), Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación, desde: (10/10/24) [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013#gsc.tab=0)

Olaiz, G., Rivera, J., Shamah, T., Rojas, R., Villalpando, S., Hernandez, M., Sepúlveda, J. (2006). Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ENSANUT, (20-08-2024), desde: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2006/doctos/informes/ensanut2006.pdf>

Olivella, P. 2011. Hongos contra la contaminación. NEXciencias (06-10-2024), desde: <https://nexciencia.exactas.uba.ar/hongos-contra-la-contaminacion>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2019. El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Ciudad de México. 68 pp.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

(1996). Informe de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación. (6-08-2024),

desde:

<https://www.fao.org/4/w3548s/w3548s00.htm#:~:text=La%20Cumbre%20Mundial%20sobre%20la%20Alimentaci%C3%B3n%20se%20celebr%C3%B3%20en%20la,Cumbre%20celebr%C3%B3%20nueve%20sesiones%20plenarias.>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

1996. Necesidades de alimentos y crecimiento de la población, desde:

<https://www.fao.org/4/w2612s/w2612s4a.htm>

Organización Mundial de la Salud. (1986). Carta de Ottawa para el Fomento de la

Salud. Primera Conferencia Internacional sobre Fomento de la Salud,

Ottawa, Canadá, de noviembre de 1986. Ginebra 19/09/2024, desde:

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10206/2\\_carta\\_de\\_ottawa.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/10206/2_carta_de_ottawa.pdf)

Organización Mundial de la Salud. (OMS, 2010). Declaración de Adelaida sobre la

Salud en Todas las Políticas, Gobierno de Australia Meridional.1-4 (10-10-

2024), desde:

[https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44391/9789243599724\\_spa.pdf;jsessionid=BE9F5B03889620E5CC2A463B4F7D27B3?sequence=1](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44391/9789243599724_spa.pdf;jsessionid=BE9F5B03889620E5CC2A463B4F7D27B3?sequence=1)

Organización Panamericana de la Salud, PAHO (1978) Declaración de Alma-Ata.

Pan American Health Organization. (7-08-2024). desde:  
<https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2012/Alma-Ata-1978Declaracion.p8df>

Restrepo, H. E., Málaga, H. (2001). Promoción de la Salud: Cómo Construir Vida Saludable (7a ed.). Editorial Médica Panamericana S.A.

Reyes-Muro, L., Camacho-Villa, T. C., y Guevara-Hernández, F. (Coords.). (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, 1-242 p.

Romero-Arenas, O., Valencia-De Ita, Ma. A., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal-Espino-Barros, O. A., y Damián-Huato, M. Á. (2018). Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. Agricultura, sociedad y desarrollo, 15(2), 145-160. Recuperado en 03 de abril de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722018000200145&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000200145&lng=es&tlng=es).

Rosas-Rosas, A. G. (2017). Caracterización química del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) a diferentes estados de maduración. Tesis de Posgrado Repositorio de la Universidad Autónoma de Chapingo. (26-03-2025), desde: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/327ed2df-570f-496a-8ace-b275100dc9d9>

Secretaria del Campo. (2023). Es hongo seta una alternativa alimentaria fácil de implementar (8-05-2024), desde: <https://secampo.edomex.gob.mx/node/501>

SSA, INSP, UNICEF. (2023) Guías Alimentarias saludables y sostenibles para la población mexicana 2023. México. (10-10-2024), desde: <https://drive.google.com/file/d/1mpnSfvKpZPN1gxOGHgb44KIPM9Ib02J9/view?usp=sharing>

Terán-Rivera, S. C., Torres-Martínez, B. del M., Torrescano-Urrutia, G. R., Esqueda, M., Sánchez-Escalante, A., y Vargas-Sánchez, R. D. (2023). Residuos del procesamiento del fruto de café como fuente natural de antioxidantes para la industria cárnica. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 26, e540. Epub 20 de agosto de 2024. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.540>

Urquía-Fernández, N. (2014). La seguridad alimentaria en México. Salud Pública de México, 56(Supl. 1), s92-s98. Recuperado en 28 de febrero de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342014000700014&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342014000700014&lng=es&tlng=es)

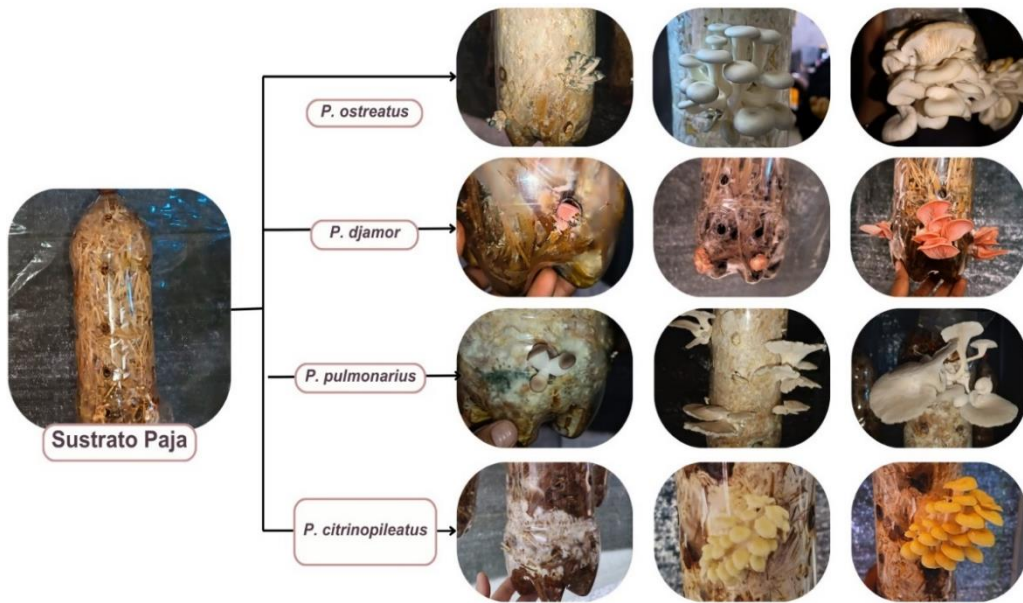
Vargas, P. S., Hoyos, J. L., y Mosquera, S. A. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Biotechnol Sec Agrop Agroind.* 10(1): 136-145. (10-10-2024), desde: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100016&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100016&script=sci_abstract&tlng=es)

Varnero, M. T., Quiroz, M. S., y Álvarez, C. H. (2010). Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información tecnológica*, 21(2), 13-20. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000200003>

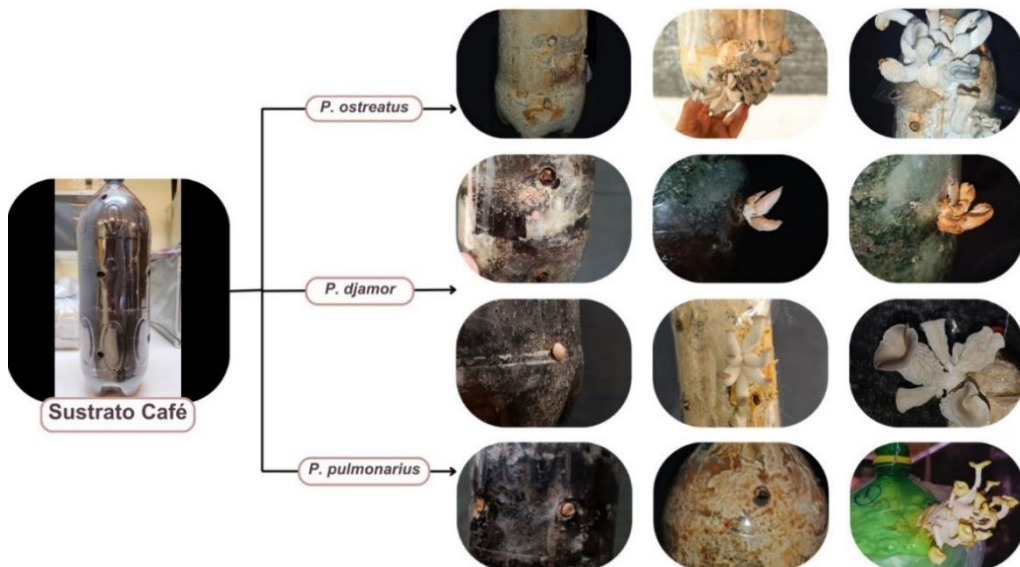
World Health Organization. Division of Health Education, International Conference on Health Promotion: Supportive Environments for Health. (3ra ed. 1991 Sundsvall, Sweden) & Conferencia Internacional sobre Promoción de la Salud: Ambientes Favorables a la Salud. (3a: 1991: Sundsvall, Sweden). (1992). Declaración de Sundsvall sobre los Ambientes Favorables a la Salud, 9-15 de junio de 1991, Sundsvall, Suecia. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/handle/10665/59967>

## ANEXO 1.

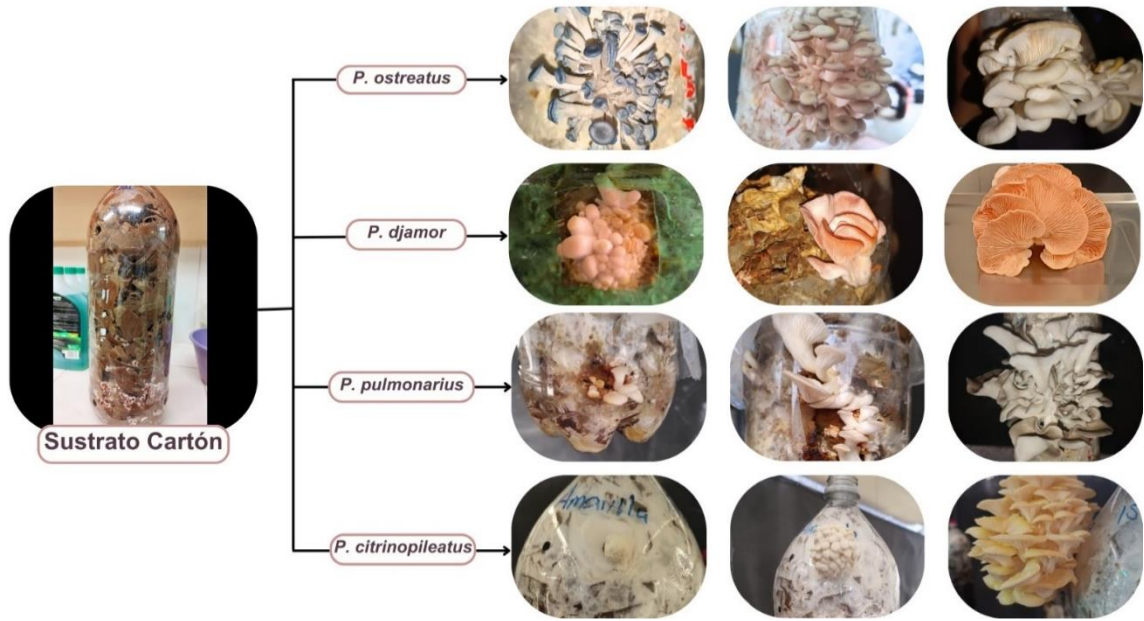
Desarrollo de la fructificación de las especies de *Pleurotus* en los distintos sustratos empleados.



Nota. Proceso de fructificación en sustrato paja, para las especies de *P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. pulmonarius*.



Nota. Proceso de fructificación en sustrato café, para las especies de *P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. pulmonarius*.



Nota. Proceso de fructificación en sustrato cartón, para las especies de *P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. pulmonarius*.

La presente tesis se realizó con recursos del POA del Colegio de Ciencias y Humanidades destinados al Proyecto Huerto de Plantas Medicinales y Alimenticias en el Plantel Casa Libertad.