

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



TESIS:

**Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico
de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y
Candida albicans. Ayacucho - 2024**

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: BIOTECNOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Flor Maritza ICHACCAYA HUMAREDA

ASESORA:

Mg. Katherin Ruth TACO QUISPE

COASESOR:

Mg. Reynán CÓNDOR ALARCÓN

AYACUCHO - PERÚ

2026

A mis padres y hermanos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme a luchar por mis sueños; a mis tíos, que siempre creyeron en mí y que siempre están conmigo para compartir mis logros; este trabajo es el resultado de un sueño y del esfuerzo de todos los que han sido parte de mi vida. A todos, gracias por ser mi inspiración.

AGRADECIMIENTO

A mi querida *Alma Mater*, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus instalaciones y ser parte de mi formación tanto profesional como humanista.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, a la Escuela Profesional de Biología y a los docentes de la Especialidad de Biotecnología por sus enseñanzas, valores y consejos.

A la Bióloga Katherin Ruth Taco Quispe, por su paciencia, sus enseñanzas y por ser una guía invaluable en este proyecto, por inspirarme a dar siempre lo mejor de mí, al Biólogo Reynán Condor Alarcón por su dedicación y paciencia al enseñarme a ver más allá de los datos. Ambos docentes gracias por ser mi brújula en este camino durante la elaboración, ejecución y presentación del trabajo de investigación.

A la empresa Myodelicias S.A.C., por haberme acogido en sus instalaciones y brindarme el apoyo necesario para el desarrollo de mi trabajo de tesis. Agradezco especialmente la disposición, orientación y confianza recibidas durante mi estancia, las cuales fueron fundamentales para la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	5
2.2. Marco conceptual	5
2.2.1. <i>Pleurotus ostreatus</i>	5
2.2.2. Morfología de <i>Pleurotus ostreatus</i>	6
2.2.3. Características del <i>Pleurotus ostreatus</i>	7
2.2.4. Distribución y hábitat	7
2.2.5. Propiedades medicinales de <i>Pleurotus spp.</i>	7
2.2.6. Metabolitos secundarios presentes en <i>Pleurotus ostreatus</i>	7
2.2.7. Cultivo de hongos comestibles	8
2.2.8. Factores y condiciones que influyen en su crecimiento y desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
2.2.9. Sustrato utilizado para el crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i>	10
2.2.10. Fermentación de sustrato	11
2.2.11. Extracción de metabolitos secundarios	12
2.2.12. Microorganismos patógenos de interés clínico	13

2.2.13	Actividad antimicrobiana	14
2.2.14.	Extracto hidroalcohólico	15
2.2.15.	Metabolitos secundarios	15
2.2.16.	Halo de inhibición	15
2.2.17.	Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)	16
2.2.18.	Concentración Mínima Bactericida (CMB)	16
2.2.19.	Concentración Mínima Fungicida (CMF)	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1	Lugar de investigación	17
3.2	Ubicación geográfica	17
3.3	Unidad de análisis	17
3.4	Metodología y recolección de datos	18
3.4.1.	Mantenimiento y/o preservación de cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
3.4.2.	Elaboración de inóculo	18
3.4.3.	Preparación del sustrato	18
3.4.4	Fermentación semi-anaeróbica	19
3.4.5.	Pasteurización a vapor	19
3.4.6.	Siembra	19
3.4.7.	Incubación	20
3.4.8.	Fructificación	20
3.4.9.	Cosecha	20
3.4.10.	Obtención del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i>	21
3.4.11.	Preparación de las concentraciones del extracto hidroalcohólico	21
3.4.12.	Determinación de la actividad antimicrobiana por el método de difusión en agar	22
3.4.13.	Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) por el método de macrodilución en tubos y siembra en agar	23
3.4.14	Determinación de la Concentración Mínima Fungicida (CMF) y	

	Concentración Mínima Bactericida (CMB) por el método de macrodilución en tubos y siembra en agar	24
3.5.	Enfoque de investigación	24
3.6.	Tipo de investigación	24
3.7.	Diseño de investigación	24
3.8.	Análisis estadístico	25
IV.	RESULTADOS	26
V.	DISCUSIÓN	29
VI.	CONCLUSIONES	35
VII.	RECOMENDACIONES	36
VIII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	37
	ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química del rastrojo de maíz	11
Tabla 2. Composición química del salvado de trigo	11
Tabla 3. Preparación de las diluciones del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i>	22
Tabla 4. Actividad antimicrobiana de <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre <i>Escherichia coli</i> y <i>Candida albicans</i> , Ayacucho 2024	26

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Partes de un hongo seta	6
Figura 2. Ubicación del lugar de estudio	17
Figura 3. Diámetro promedio de los halos de inhibición (mm) y comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho, 2024	27
Figura 4. Diámetro promedio de halos de inhibición (mm) formados a diferentes concentraciones del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre cepas de <i>Candida albicans</i> , Ayacucho 2024	27
Figura 5. Estimación de la CMI y CMB según la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> a diferentes concentraciones mostrando una tendencia de inhibición y crecimiento de <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho 2024	28

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Prueba de normalidad de Anderson Darling de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho 2024	48
Anexo 2. Prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho 2024	48
Anexo 3. Prueba de ANOVA de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho 2024	49
Anexo 4. Prueba de comparación múltiples de promedios con Tukey con una confianza del 95% de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho 2024	49
Anexo 5. Flujograma del proceso mantenimiento y/o preservación de cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	50
Anexo 6. Fotografías del proceso de preservación y/o mantenimiento de cepas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	50
Anexo 7. Flujograma del proceso de elaboración del inóculo fúngico	51
Anexo 8. Fotografías del proceso de elaboración del inóculo fúngico	52
Anexo 9. Flujograma del proceso para la preparación, fermentación semi-anaeróbica y pasteurización del sustrato	53
Anexo 10. Flujograma del proceso de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	54
Anexo 11. Fotografías del proceso de preparación, fermentación semi-anaeróbica, pasteurización del sustrato y producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	55
Anexo 12. Flujograma del proceso de obtención del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i>	56
Anexo 13. Fotografías del proceso de obtención del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i>	57
Anexo 14. Fotografías del proceso de preparación de las concentraciones del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i>	58
Anexo 15. Flujograma de procesos de la determinación de la actividad antimicrobiana por el método de difusión en agar	59

Anexo 16. Fotografías de los procesos determinación de la actividad antimicrobiana por el método de difusión en agar	60
Anexo 17. Halos de inhibición por las distintas concentraciones del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho 2024	61
Anexo 18. Promedio del diámetro de halos de inhibición (mm) del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a cepas de <i>Escherichia coli</i> , Ayacucho 2024	62
Anexo 19. Halos de inhibición por las distintas concentraciones del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente <i>Candida albicans</i> , Ayacucho 2024	63
Anexo 20. Promedio de halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a cepas de <i>Candida albicans</i> , Ayacucho 2024	64
Anexo 21. Flujograma del procedimiento para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) por el método de macrodilución en tubos, concentración mínima fungicida (CMF y concentración mínima bactericida (CMB)	65
Anexo 22. Fotografías del procedimiento para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) por el método de macrodilución en tubos, concentración mínima fungicida (CMF) y concentración mínima bactericida (CMB) en cultivos en agar	66
Anexo 23. Observación de la CMI y CMB según la actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> a diferentes concentraciones de acuerdo a la turbidez y subcultivo en el crecimiento de <i>Escherichia coli</i>	67
Anexo 24. Constancia de autenticidad genética de <i>Pleurotus ostreatus</i>	68

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* PO-COL-FI01 frente a *Escherichia coli*, aislada e identificada por el Instituto Nacional de Salud (INS), y *Candida albicans*, aislada e identificada por el Hospital Regional de Ayacucho (HRA), Ayacucho 2024. El extracto hidroalcohólico de *P. ostreatus* se obtuvo mediante extracción continua por Soxhlet. El extracto se sometió a evaluación de su actividad antimicrobiana por el método de difusión en pocillos de agar, empleando concentraciones de 20, 40, 60, 80 y 100% del extracto concentrado. Asimismo, la concentración mínima inhibitoria (CMI), la concentración mínima bactericida (CMB) y la concentración mínima fungicida (CMF) se determinaron por el método de macrodilución en tubos y su respectivo subcultivo en placas. Los resultados obtenidos de los promedios de los halos de inhibición en *E. coli* fueron 20% (14,27 mm), 40% (19,56 mm), 60% (19,95 mm), 80% (21,33 mm), 100% (22,29 mm) y de la ampicilina (38,4 mm). La CMI y la CMB fueron 5,21 mg/mL y 10,42 mg/mL respectivamente. Por otro lado, el extracto no mostró actividad antifúngica frente a *C. albicans*, ya que no se observaron halos de inhibición en ninguna de las concentraciones evaluadas, impidiendo la determinación de la CMI y la CMF. Se concluyó que el extracto hidroalcohólico de *P. ostreatus* posee actividad antibacteriana frente a *E. coli* dependiente de su concentración, observándose mayor efecto inhibitorio a mayor concentración del extracto, sin embargo, carece de actividad antifúngica frente a *C. albicans* bajo las condiciones experimentales del estudio.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, *Candida albicans*, *Escherichia coli*, actividad antimicrobiana, extracto hidroalcohólico, halos de inhibición.

I. INTRODUCCIÓN

Los hongos y bacterias patógenas constituyen un riesgo significativo para la salud de la población, dado que la resistencia a los tratamientos convencionales está en aumento. Según la OMS (2022) en su lista de patógenos fúngicos prioritarios, divide a los hongos en tres grupos: prioridad media, alta prioridad y el grupo crítico, en este último se encuentra (*Candida albicans*), esta clasificación se determina por los siguientes criterios como la resistencia a los antimicóticos (38,5%), la mortalidad (13,9%), evidencia terapéutica (11,9%), el acceso a diagnóstico (10,4%), la incidencia anual (8,5%), las secuelas y complicaciones (8,4%).

De forma similar en la lista de patógenos bacterianos prioritarios, también se divide en tres grupos, destacando a *Escherichia coli* en la categoría crítica, esta clasificación se determina por criterios como tratabilidad (20%), mortalidad (15%), prevención (12%), tendencia de resistencia (12%) e incidencia (11%). Estos criterios buscan orientar la investigación, desarrollo de fármacos y estrategias de salud pública frente a la creciente amenaza de la resistencia antimicrobiana (OMS, 2024).

A nivel nacional, aproximadamente el 42,2 % de las mujeres ha presentado al menos un episodio de vulvovaginitis, estimándose que entre el 75 - 90 % de los casos están relacionados con *Candida albicans* (Pineda et al. 2017). Asimismo, *E. coli* constituye el principal agente de las infecciones del tracto urinario, siendo responsable de aproximadamente el 70–90 % de los casos adquiridos en la comunidad y cerca del 50 % de los casos hospitalarios, lo que la convierte en una de las bacterias de mayor importancia clínica a nivel mundial (Marcos, 2025). Trasladando esta realidad al contexto regional, en el Centro de Salud de San Juan Bautista en el 2024 se reportó una prevalencia del 52,92 % de *Candida* en mujeres en edad fértil, asociada principalmente a casos de candidiasis vulvovaginal (Veliz, 2024).

En relación con *Escherichia coli*, en el Hospital Regional de Ayacucho en el año 2019 se reportó una prevalencia del 62,8 % en pacientes con infecciones del tracto urinario

(De la cruz, 2020). Por esta razón, la relevancia de la medicina tradicional y su aplicación a nivel mundial ha ido en aumento. Actualmente, más del 40 % de los productos farmacéuticos derivan de compuestos de origen natural. Esto refleja la contribución de los conocimientos tradicionales, los cuales, combinados con métodos de investigación modernos, permiten el descubrimiento de nuevos medicamentos clínicamente eficaces (OMS, 2023).

Frente a este problema, en esta investigación se ha propuesto el uso del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* como una alternativa natural frente a patógenos de importancia clínica, esto debido a la presencia de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana. Para alcanzar este propósito, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*.

Objetivos específicos

1. Determinar la concentración mínima inhibitoria del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*.
2. Determinar la concentración mínima inhibitoria del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Candida albicans*.
3. Determinar la concentración mínima bactericida del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*.
4. Determinar la concentración mínima fungicida del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Candida albicans*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Hamad et al. (2022), en Egipto, evaluaron la actividad antimicrobiana del extracto polar de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Candida albicans* ATCC 20231 mediante la técnica de difusión en agar. El extracto polar fue analizado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), identificándose como principales componentes activos los compuestos fenólicos, flavonoides y otros antioxidantes. Los resultados evidenciaron halos de inhibición de $16 \pm 0,5$ mm frente a *E. coli* y $18 \pm 0,1$ mm frente a *C. albicans*, concluyendo que la actividad antimicrobiana observada se atribuye a la acción sinérgica de los metabolitos secundarios presentes en el extracto polar de *P. ostreatus*.

En concordancia con lo anterior, Lanni et al. (2021), en la Universidad de Perugia, Italia, evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*, entre otras cepas, mediante el método de concentración mínima inhibitoria por macrodilución en caldo. Los extractos fueron obtenidos mediante extracción asistida por ultrasonido, utilizando etanol al 50% como solvente óptimo a 45°C durante 35 minutos. Los resultados evidenciaron actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli* con CMI entre 6,25 y 39,68 µg/mL según el sustrato de cultivo, y actividad antifúngica frente a *Candida albicans* con CMI de 9,92 a 79,37 µg/mL, siendo los extractos de sustrato lignocelulósico los más activos en ambos casos. Los autores concluyeron que la actividad antimicrobiana se correlaciona positivamente con el contenido de compuestos fenólicos del extracto.

De manera similar, Mkhize et al. (2022), en la Universidad de KwaZulu-Natal, Sudáfrica, evaluaron la actividad antimicrobiana del extracto metanólico de *Pleurotus ostreatus*

frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*, cultivando el hongo sobre sustratos de bagazo de caña de azúcar suplementados con salvado de trigo en niveles de 0% a 20%, y determinando la CMI mediante microplaca de dilución. Los resultados evidenciaron actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli* con CMI de 0,02 a 0,08 mg/mL, y actividad antifúngica frente a *Candida albicans* con CMI de 0,31 a 2,5 mg/mL según el tipo de sustrato, concluyendo que la composición del sustrato de cultivo influye significativamente en el contenido de compuestos bioactivos y en la actividad antimicrobiana del extracto.

En esa misma línea, Devi y Kalpana (2025), en el Instituto Avinashilingam, Tamil Nadu, India, evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos etanólicos de *Pleurotus ostreatus* sometidos a tres métodos de secado solar, en gabinete y liofilización frente a *Escherichia coli* ATCC 25922, mediante el método de difusión en pocillos de agar. Los resultados evidenciaron halos de inhibición de 12,6 mm, 7,8 mm y 15,4 mm para los extractos de secado solar, en gabinete y liofilizado respectivamente, siendo este último el más activo, concluyendo que el método de secado influye significativamente en la conservación de los metabolitos secundarios responsables de la actividad antimicrobiana.

Asimismo, Sutthisa y Anujakkawan (2023), en la Universidad de Mahasarakham, Tailandia, evaluaron la actividad antibacteriana de extractos de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*, mediante el método de difusión en disco, empleando etanol al 95% y acetato de etilo al 95% como solventes de extracción. Los resultados mostraron que el extracto etanólico no presentó actividad inhibitoria frente a *E. coli*, mientras que el extracto de acetato de etilo sí evidenció actividad con un halo de inhibición de 12,00 mm, concluyendo que la selección del solvente de extracción influye significativamente en la actividad antibacteriana obtenida.

Finalmente, Valencia del Toro y Aguilar (2020), en México, identificaron compuestos volátiles presentes en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* con actividad antimicrobiana mediante el análisis de su capacidad inhibitoria frente a diversas bacterias. Los autores reportaron actividad inhibitoria frente a *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*, registrando una concentración mínima inhibitoria (CMI) de 3,9 µg/mL, evidenciando el potencial antimicrobiano de los metabolitos volátiles del hongo frente a un amplio espectro bacteriano.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Cuzcano-Ruiz et al. (2020), en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima, Perú, identificaron los fitoconstituyentes mayoritarios presentes en las fracciones apolares del extracto bruto orgánico de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre residuos de pulpa de café, mediante cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) y resonancia magnética nuclear de hidrógeno y carbono 13 (RMN ^1H y ^{13}C). Los autores identificaron el ácido palmítico como el ácido graso mayoritario (66,54%), y caracterizaron dos esteroides endoperóxidos: 5 α ,8 α -epidioxi-24(R)-metilcolesta-6-en-3 β -ol y 5 α ,8 α -epidioxi-22E-ergosta-6,22-dien-3 β -ol, destacando que este último presenta actividad antimicrobiana, antioxidante, inmunomoduladora y antitumoral reportada en la literatura científica.

De igual manera, Florez y Flores (2024), en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco, Perú, determinaron la actividad antioxidante y antibacteriana *in vitro* del extracto metanólico al 80% de *Pleurotus djamor* cultivado frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 y *Escherichia coli* ATCC 25922, mediante los métodos de microdilución en caldo y difusión en agar. Los resultados reportaron actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli* con una CMI de 16 mg/mL y un halo de inhibición de 1,27 cm, y una CMB de 64 mg/mL con un halo de 2,60 cm, valor comparable al del antibiótico patrón Gentamicina (2,53 cm); sin embargo, no se evidenció actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus*, concluyendo que los flavonoides y polifenoles presentes en el extracto serían los responsables de su actividad biológica.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. *Pleurotus ostreatus*

El vocablo latino *Pleurotus* significa “pie desplazado”, esto se refiere al crecimiento del estípite (pie) con respecto al sombrero (píleo), mientras que la palabra latina *ostreatus* (ostra) se refiere a la forma del píleo en sí, que se parece a un bivalvo del mismo nombre Alexopoulos y Mims (1985).

2.2.1.1. Clasificación taxonómica

La cepa secuenciada tiene un porcentaje de identidad máxima de 98,17% con la especie *Pleurotus ostreatus*, lo cual puede ser verificado en la página web oficial de NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Subdivisión: Agaricomycotina

Clase: Agaricomycetidae

Orden: Agaricales

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *Pleurotus ostreatus* (Jacq.
Ex Fr.) P.Kumm. 1871

Nombre común en genbank: Seta ostra.

2.2.2. Morfología de *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus consta de las siguientes partes tal como se muestra en la Figura 1, las cuales están constituidas por:

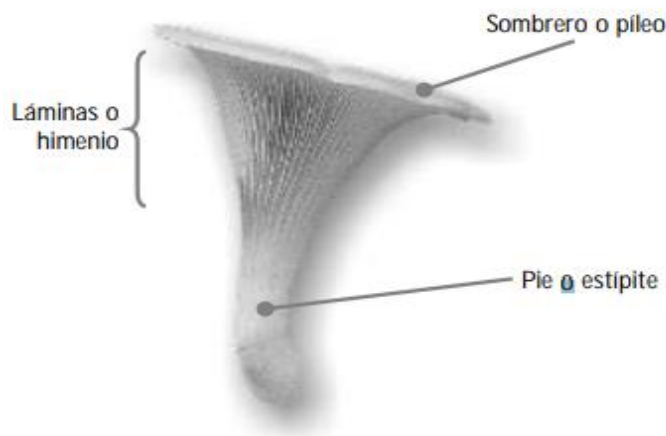
Sombrero ó píleo: Es liso con los márgenes irregulares de color oscuro con una forma de ostra (Furci, 2007).

Las láminas o himenio: Se encuentran por debajo del píleo, es una membrana que envuelve a las esporas (Suárez, 2010).

Las esporas: Son alargadas, casi cilíndricas que miden de 7 a 11,5 μm x 3 a 5,6 μm y son de color gris claro (García, 2007).

Pie o estípite: Es corto y de color blanco en forma cilíndrica (Furci, 2007).

Figura 1. Partes de un hongo seta



Fuente: Gaitán-Hernández et al., (2006)

2.2.3 Características del *Pleurotus ostreatus*

Según Sánchez y Royse (2017), *Pleurotus ostreatus* es un hongo saprófito, este microorganismo se desarrolla en el suelo, sobre troncos o en residuos agrícolas y agroindustriales ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos que el hongo degrada y utiliza como fuente de nutrientes.

2.2.4. Distribución y hábitat

Pleurotus es un hongo cosmopolita, ya que se desarrolla en bosques subtropicales y tropicales, en troncos en descomposición o en árboles en pie ya secos y viejos, debilitados o muertos, alimentándose exclusivamente de la parte leñosa, por lo que son saprofitos, fructifican de forma gregaria e incluso cespitosa. Asimismo, también es capaz de sobrevivir en temporada seca, en madera expuesta al sol (Holgado et al. 2019).

2.2.5. Propiedades medicinales de *Pleurotus spp.*

En diversas investigaciones se ha demostrado que *Pleurotus ostreatus* tiene diversas propiedades como: inmunomoduladores, antitumoral, antivírico (Verma et al. 2001), antibacteriano (Guerrero et al. 2023 y Murugesan & Gunasagaran, 2021), antifúngica (Illuri et al. 2022) y antimicrobiana (Gunasekaran et al. 2021).

2.2.6. Metabolitos secundarios presentes en *Pleurotus ostreatus*

Según Ojito y Portal (2017), son productos naturales sintetizados por un organismo que no son esenciales para su crecimiento y desarrollo. Estos se clasifican en tres grandes grupos:

2.2.6.1. Compuestos fenólicos

Están constituidos por grupos hidroxilo ($-OH$) unidos a estructuras aromáticas, lo que les confiere actividad antibiótica, antioxidante, citotóxica y antiparasitaria. Dentro de este grupo destacan:

- **Flavonoides:** Son una familia de compuestos fenólicos cuya estructura presenta dos anillos fenólicos conectados por un puente de tres carbonos. En *P. ostreatus* se han reportado flavonoides como la miricetina, naringenina y hespiridina, asociados a actividad antibacteriana y antioxidante.
- **Taninos:** Son compuestos fenólicos con capacidad de formar enlaces con proteínas. Según su estructura se dividen en taninos condensados y taninos hidrolizables, y cumplen función de defensa frente a microorganismos.

2.2.6.2. Terpenoides

Constituyen el grupo más numeroso de metabolitos secundarios e intervienen en el crecimiento, metabolismo y supervivencia de los organismos. Dentro de este grupo se encuentran:

- **Terpenos:** Presentes en *P. ostreatus*, donde se han identificado esteroides de tipo endoperóxido como el 5 α ,8 α -epidioxi-22E-ergosta-6,22-dien-3 β -ol, con actividad antimicrobiana, antioxidante e inmunomoduladora reportada.
- **Ácidos grasos:** Metabolitos de naturaleza lipídica con actividad antibacteriana demostrada. En *P. ostreatus* destacan:

Ácido linoleico: Ácido graso esencial con actividad antibacteriana demostrada frente a bacterias Gram positivas.

Ácido oleico: Ácido graso esencial con actividad antibacteriana frente a bacterias Gram positivas y efecto sinérgico con el ácido linoleico en la inhibición de *Staphylococcus aureus*.

2.2.6.3. Alcaloides

Son moléculas orgánicas naturales derivadas de aminoácidos, normalmente de carácter básico, producidas por hongos y plantas. Muchos alcaloides poseen actividad biológica y son utilizados en terapéutica.

2.2.6.4. Otros metabolitos relevantes en *Pleurotus ostreatus*

Además de los tres grandes grupos, en *P. ostreatus* se han identificado otros compuestos bioactivos de importancia:

- **Beta-glucanos:** Son polisacáridos no celulósicos constituidos por unidades de glucosa. Los más conocidos en el género *Pleurotus* son el pleurano (β -1,3-glucano) y el β -(1,3)-glucano, con reconocida actividad inmunomoduladora (Duarte y Gonzales, 2018).
- **Glicósidos cianogénicos:** Son compuestos nitrogenados de carácter tóxico que se degradan fácilmente liberando sustancias volátiles como el ácido cianhídrico (HCN).

2.2.7. Cultivo de hongos comestibles

Según Holgado et al. (2019) en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* se debe tener las siguientes etapas, las cuales tienen que ser manejadas cuidadosamente:

- **Obtención de la cepa:** Puede ser obtenido a través de esporas y de pseudotejido para luego colocarlo en medios específicos como Agar-PDA y extracto de malta para el desarrollo micelial.

- **Inóculo fúngico:** Se obtiene con el aumento de biomasa micelial en granos de trigo utilizado como materia prima y soporte físico.
- **Selección de sustrato:** Para el desarrollo óptimo del *Pleurotus ostreatus* se debe imitar los requerimientos *in situ* que utiliza el hongo por lo tanto los residuos agrícolas deben tener en su composición la celulosa, hemicelulosa y lignina para utilizarlo como fuentes de carbono, nitrógeno.
- **Formulación y acondicionamiento del sustrato:** Formular según la concentración de nitrógeno (20%) y carbono (80%), en función al tamaño de partículas (5 - 10 cm), pH de 5,5 – 7,5 y el porcentaje de humedad del sustrato de 65 - 75%.
- **Pasteurización:** La pasteurización debe ser entre 70 - 80°C por 2 horas para la eliminación de contaminantes como: bacterias y hongos.
- **Siembra:** La siembra se realizó mediante la incorporación del inóculo fúngico en capas sobre sustratos previamente pasteurizados y acondicionados, ajustados a una temperatura de 30°C, pH entre 5,5 y 7,5 y humedad entre el 65–75 %, condiciones óptimas para el crecimiento micelial.
- **Incubación:** La incubación se realiza en ambientes cerrados, en completa oscuridad a temperatura de 25°C hasta la culminación de la colonización en el sustrato.
- **Fructificación:** Esta etapa se realiza en ambientes ventilados con el 50% de iluminación indirecta (luz natural), manteniendo la temperatura entre 16 - 22°C, con una humedad relativa de 65 - 75% y un sistema de riego por microaspersión o nebulización.
- **Cosecha:** La cosecha se realiza cortando los cuerpos fructíferos desde la base del pie cuando el píleo se encuentra levemente convexo, antes de la producción masiva de esporas.

2.2.8. Factores y condiciones que influyen en su crecimiento y desarrollo de *Pleurotus ostreatus*

Según Mata y Salmones (2021) *Pleurotus ostreatus* requiere que las condiciones de cultivo sean similares a las condiciones de crecimiento *in situ*, por ejemplo:

2.2.8.1. Humedad

Los hongos requieren del agua para lo siguiente: hidratación, transporte de nutrientes, metabolismo, crecimiento, esporulación, intercambio de gases, y mantenimiento de humedad del sustrato, por ello se recomienda que la humedad sea de 70 - 80%.

2.2.8.2. pH

El pH del sustrato influye en *Pleurotus ostreatus* en los siguientes: crecimiento óptimo, degradación de sustrato, absorción de nutrientes, defensa contra patógenos, fructificación, esporulación y regulación de metabolismo por lo que se recomienda manejar el pH del sustrato entre 5,5 – 7,5.

2.2.8.3. Temperatura

La temperatura varía de acuerdo a la fase del ciclo de vida en el que se encuentre el hongo, en la incubación la alteración de este puede afectar en el crecimiento del micelio, en la fructificación si la temperatura es alta inhibe la formación de cuerpos fructíferos resultando en setas deformes o de mala calidad, por el contrario, si la temperatura es baja el proceso de fructificación se ralentiza reduciendo la producción, así como en la eficiencia enzimática y la tasa de metabolismo del hongo por lo que se recomienda el manejo en 25°C en la incubación y 18°C en la fructificación.

2.2.8.4. Iluminación

Las condiciones de iluminación que necesita *Pleurotus ostreatus* varía de acuerdo a la etapa en que se encuentre, en la etapa de incubación el hongo no necesita de iluminación debido que los micelios colonizan mejor en la oscuridad, por otro lado en la etapa de fructificación requiere la presencia de iluminación para la formación de primordios, sin embargo cuando la iluminación es muy baja, los hongos se deforman produciéndose cuerpos fructíferos con tallos largos y píleo de color claro, mientras que bajo iluminación directa los tallos son cortos con píleos más oscuros, por lo que se recomienda una iluminación indirecta (Holgado et al. 2019).

2.2.8.5. Ventilación

Finalmente, durante el proceso de incubación *Pleurotus ostreatus* requiere una ventilación moderada para la colonización en el sustrato, mientras que en la etapa de la fructificación se requiere de mayor ventilación, el cual permitirá un desarrollo adecuado de los cuerpos fructíferos (píleos grandes y pies cortos) se recomienda tener las ventanas abiertas con trampas contra plagas (Holgado et al. 2019).

2.2.8.6. Relación carbono/nitrógeno

Holgado et al. (2019) refieren que los hongos requieren fuentes de carbono y nitrógeno que serán aportados por los sustratos a utilizar ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina, en el caso de *Pleurotus ostreatus* requiere nitrógeno (20%) y carbono (80%).

2.2.9. Sustrato utilizado para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*

Un sustrato es todo aquel material orgánico que se utiliza como soporte físico, pueden ser residuos agrícolas, agroindustriales y urbanos de origen vegetal, por esta razón

deben presentar un alto contenido la celulosa, hemicelulosa, lignina estos son componentes principales de las plantas (López et al. 2006; García, 2007).

2.2.9.1. Rastrojo de Maíz

Bertoia, (2017) indica la siguiente composición química para el rastrojo de maíz:

Tabla 1. Composición química del rastrojo de maíz.

Composición	Porcentaje (%)
Agua	13,50
Proteína	10,20
Grasa	4,70
Carbohidratos	81,10
Fibra	2,30
Cenizas	1,70
Hemicelulosa	37,10
Lignina	4,04

Fuente: Bertoia, (2017).

2.2.9.2. Salvado de trigo

Chaquilla et al. (2018) indica la siguiente composición química para el salvado de trigo:

Tabla 2. Composición química del salvado de trigo.

Composición	Porcentaje (%)
Fibra total	53,90
Celulosa	9,90
Hemicelulosa	33,0
Nitrógeno	0,46
Arabinoxilanos	26,9
Beta-glucano	2,60
Ácido fítico	6
Ácidos fenólicos totales	1,38
Ácido ferúlico	0,63

Fuente: Chaquilla et al., (2018).

2.2.10. Fermentación de sustrato

Es un proceso biológico en el que microorganismos, como bacterias, levaduras u hongos, transforman componentes orgánicos del sustrato en productos más simples en condiciones anaerobias y aeróbicas, este proceso es esencial en diversos contextos industriales y biotecnológicos, como la producción de alimentos fermentados, el tratamiento de residuos orgánicos, la elaboración de biocombustibles y cultivo de

hongos (Parzanese, s.f).

2.2.10.1. Fermentación semianaerobia

Chang y Miles (1989) señalan que los sustratos pueden sumergirse en agua durante 7 a 10 días, lo que promueve una fermentación láctica natural. Esta actividad microbiana contribuye a la degradación parcial de componentes estructurales como la celulosa, hemicelulosa y lignina, incrementando la disponibilidad de nutrientes y facilitando su asimilación por el micelio.

De manera similar, Sánchez y Royse (2001) explican que la acción de bacterias ácido-lácticas (BAL) presentes de forma natural en el sustrato inicia con la degradación de la glucosa, la cual es convertida en piruvato en condiciones anaeróbicas y posteriormente transformada en ácido láctico. La acumulación de este ácido provoca un descenso progresivo del pH, generando un ambiente ácido selectivo que inhibe el crecimiento de bacterias y hongos patógenos.

Asimismo, la acidez del medio activa la hidrólisis parcial de la hemicelulosa y contribuye al ablandamiento de la estructura lignocelulósica, mediante la ruptura de enlaces éster. Este proceso mejora la porosidad del sustrato y facilita la colonización micelial, optimizando las condiciones para el desarrollo de *Pleurotus*.

Diversos estudios han demostrado que la fermentación favorece la biosíntesis y acumulación de metabolitos bioactivos en *Pleurotus ostreatus*. Papaspyridi et al. (2012) evidenciaron que la fermentación sumergida permitió obtener un perfil metabólico enriquecido, identificando 19 metabolitos bioactivos, entre ellos compuestos fenólicos, alcaloides, nucleótidos y ácidos grasos de interés farmacológico. Asimismo, He et al. (2024) observaron que la fermentación incrementó significativamente el contenido de compuestos fenólicos y modificó el perfil de metabolitos no volátiles, lo que se reflejó en una mayor capacidad antioxidante del producto fermentado. Estos hallazgos respaldan que las condiciones de fermentación estimulan la producción y acumulación de metabolitos secundarios en *P. ostreatus*.

2.2.11. Extracción de metabolitos secundarios

La extracción es un proceso muy importante para la obtención de extractos de plantas, ya que los resultados finales dependerán de la eficiencia de este proceso. La concentración de los compuestos del extracto puede verse afectada por diversos factores como el tipo de disolvente, la temperatura, el tiempo de contacto y el tamaño de las partículas. Debido a esto, es muy importante validar y especificar las técnicas de extracción para cada compuesto en particular (Palma et al. 2013).

2.2.12. Microorganismos patógenos de interés clínico

Según la OMS (2024), actualmente se han identificado al menos 15 familias de bacterias catalogadas como multirresistentes, entre las cuales destacan las Enterobacteriaceae, grupo en el que *Escherichia coli* se encuentra clasificada dentro de la prioridad crítica. Del mismo modo, la OMS (2022) incluye a *Candida albicans* en el grupo crítico de su lista de patógenos fúngicos prioritarios, debido a su importancia en salud pública y su creciente resistencia a los tratamientos antifúngicos.

2.2.12.1. *Escherichia coli*

Es un bacilo Gram negativo, mide sólo 1µm de longitud por 0.35 µm de ancho, no forman esporas, son móviles ya que presentan flagelos peritricos, producen enzimas como la catalasa, oxidasa, reducen los nitritos a nitratos y producen vitamina B y K, es una bacteria poco exigente, producen gas, fermenta la lactosa y es un anaerobio facultativo, se encuentra normalmente en el tracto gastrointestinal de los humanos y de animales de sangre caliente, siendo un hábitat intestinal natural, es el principal indicador de contaminación fecal, presenta una composición antigénica compleja. Sus antígenos O, de naturaleza somática y termoestable, forman la región más externa de los lipopolisacáridos de la pared celular, lo que les permite resistir tanto al calor como al alcohol. Además, la bacteria cuenta con antígenos K, que son termolábiles y facilitan su adhesión a las células del hospedero. Finalmente, posee antígenos H localizados en los flagelos, los cuales son fácilmente inactivados por el calor y el alcohol (García, 2007 y Suclupe et al. 2024).

- **Clasificación Taxonómica de *Escherichia coli***

Reino: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Enterobacterales

Familia: Enterobacteriaceae

Género: *Escherichia*

Especie: *E. coli*.

(Brenner et al.2005).

- **Patologías clínicas**

Escherichia coli es la más frecuente y la más relevante desde el punto de vista clínico de las enterobacterias. Este microorganismo se asocia a una gran variedad de enfermedades, como septicemia el cuál es producida por los bacilos gramnegativos como *E. coli* provenientes de infecciones del aparato urinario o digestivo; la infección

del aparato urinario se originan en el colon, contaminan la uretra, ascienden hasta la vejiga y pueden migrar hasta el riñón o la próstata; meningitis neonatal causado por un serogrupo que tiene el antígeno K1 el cuál habitualmente se encuentra en mujeres gestantes y recién nacidos, gastroenteritis que son causadas por cepas de *E. coli* (Brooks et al. 2011).

2.2.12.2. *Candida albicans*

Es una levadura de redonda a oval (3 - 6 μ m) que forma pseudohifas e hifas verdaderas, es dimórfica, con colonias de crecimiento rápido, circulares, lisas, blancas o cremosas, pastosas y blandas, de bordes precisos, centro ligeramente prominente, con olor a levadura y tubo germinativo, son hongos comensales y se encuentran en el tracto gastrointestinal, cavidad oral, tracto genitourinario, piel y sistema respiratorio esperando condiciones desfavorables para hacer un crecimiento excesivo (Brooks et al. 2011).

- **Clasificación Taxonomía de *Candida albicans***

Reino: Fungi

Clase: Ascomycetes

Orden: Saccharomycetales

Familia: Saccharomycetaceae

Género: *Candida*

Especie: *C. albicans*

(Bonifaz, 2012).

- **Patologías clínicas**

Las especies pertenecientes al género *Candida* forman el grupo más importante de hongos oportunistas patógenos. *C. albicans* es la especie aislada con una mayor frecuencia a partir de muestras clínicas y generalmente representa entre un 90% y un 100% de las cepas aisladas de muestras de mucosa, y entre un 50% y 70% de las cepas procedentes de pacientes con inmunidad suprimida. Esta especie suele estar implicada en casi todas las infecciones como candidiasis cutánea y de mucosas, candidiasis sistémica y candidiasis mucocutánea crónica (Brook, et al. 2011).

2.2.13 Actividad antimicrobiana

Es la capacidad para impedir el desarrollo de microorganismos. Pueden actuar eliminando por completo las células o impidiendo el desarrollo microbiano al inhibir vías metabólicas específicas, evitando así el crecimiento y multiplicación celular (Perreault, 2008).

2.2.14. Extracto hidroalcohólico

Se trata de una preparación uniforme obtenida a través de procesos fisicoquímicos que permiten aislar y aprovechar los metabolitos secundarios presentes en una planta o en otro tipo de material biológico. Para su elaboración se emplea una mezcla de agua y alcohol como disolventes, cuya combinación aporta características propias a la solución final. El resultado es un extracto de consistencia generalmente densa, cuya viscosidad varía según la naturaleza del material de origen (González, 2004).

2.2.15. Metabolitos secundarios

Son compuestos orgánicos producidos por las plantas u otro tipo de material biológico dentro de su metabolismo, pero no son esenciales para su crecimiento ni para sus funciones vitales a diferencia de los metabolitos primarios. Estas moléculas desempeñan principalmente funciones más ecológicas como: liberación de químicos para atraer polinizadores, pigmentación, ó producción de compuestos químicos amargos (Ojito y Portal, 2017).

2.2.16. Halo de inhibición

En Microbiología, el término “halo de inhibición” se refiere a la zona clara alrededor de un disco impregnado con un antibiótico donde no se observa crecimiento microbiano. Este fenómeno ocurre porque el antimicrobiano se difunde desde el disco hacia el agar, generando una concentración efectiva que inhibe la multiplicación del microorganismo estudiado Bauer et al. (1966). La zona donde la concentración del antibiótico supera la concentración mínima inhibitoria (CMI) se manifiesta como un halo claro, cuya medición en milímetros permite determinar si el microorganismo es sensible, intermedio o resistente según tablas estandarizadas (Zurita, 2013).

Existen diferentes tipos de halos: el halo completo y claro indica alta sensibilidad, el halo parcial o difuso refleja sensibilidad intermedia, y la ausencia de halo indica resistencia (CLSI, 2023). Además, en algunos casos puede observarse un halo doble, caracterizado por la presencia de dos zonas de inhibición; este fenómeno se explica por diferencias en la concentración del antimicrobiano, resistencia inducible o producción de enzimas inactivantes, y requiere interpretación cuidadosa (Jorgensen y Ferraro, 2009). La presencia de halos, simples o dobles, refleja la acción del antimicrobiano sobre el microorganismo y la interacción del gradiente de concentración con la susceptibilidad bacteriana, constituyendo una herramienta fundamental para estudios de sensibilidad y diagnóstico clínico.

2.2.17. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

La concentración mínima inhibitoria (CMI) es la concentración más baja de un compuesto antimicrobiano en (mg/mL), que inhibe el crecimiento de una cepa específica ya sea hongos o bacterias. Es la dilución a partir de la cual los microorganismos estudiados comienzan a mostrar resistencia, se determina por el método de macrodilución en caldo y es detectado por observación directa sin ayuda de ningún aparato óptico después de la incubación (Idexx, 2023 y OPS, 2005).

2.2.18. Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Se considera como CMB, a la concentración más baja de un compuesto en (mg/mL), antimicrobiano capaz de eliminar al 99,9% de microorganismos, se determina por el método de cultivos en placa y por observación directa (Horna et al. 2005 y OPS, 2005).

2.2.19. Concentración Mínima Fungicida (CMF)

Se considera como CMF, a la concentración mínima de un agente antifúngico, que en presencia del inóculo de un hongo, reduce un 99.9% el desarrollo, este se determina haciendo cultivos y por observación directa tras la incubación (Neyra y Armas, 2018; OPS, 2005).

3.4 Metodología y recolección de datos

3.4.1. Mantenimiento y/o preservación de cepas de *Pleurotus ostreatus*

Procedimiento modificado de Gaitán et al. (2006)

- La cepa de *Pleurotus ostreatus* fue obtenida de la empresa Fungi Innova con código de muestra: PO_COL_FI01.
- Con la ayuda de un asa de Kolle se tomó una asada de la cepa de *Pleurotus ostreatus* y se sembró por puntura sobre el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (APD).
- Se incubó a 30°C por 15 días hasta que el micelio colonice toda la placa.

3.4.2. Elaboración de inóculo

Procedimiento modificado de Gaitán et al. (2006)

- Se obtuvo 3 kilos de trigo, se realizó una separación manual para retirar piedras, restos de tierra y otras impurezas presentes. Posteriormente, los granos fueron lavados con agua potable.
- Seguidamente estas se hidrataron por 36 h para luego ser drenadas por 30 min.
- Se agregó 20 g de cal por kg de trigo en seco, y se homogenizó.
- Se pesaron 1000 g de trigo y se colocaron en bolsas de polietileno, cada bolsa fue amarrada utilizando liga, posteriormente se esterilizó y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- En condiciones estériles, con la ayuda de un bisturí previamente esterilizado, se realizaron cortes en el APD colonizado por micelio. Seguidamente, se transfirieron cuatro fragmentos de aproximadamente 1 cm² sobre el trigo esterilizado.
- Finalmente se incubó a 30°C por 22 días hasta que el micelio colonice todo el trigo.

3.4.3. Preparación del sustrato

Según Holgado et al. (2019)

- Se seleccionaron únicamente los sustratos en buen estado, descartando aquellos que presentaban signos de contaminación por hongos u otros

microorganismos. Posteriormente, el material seleccionado se cortó uniformemente entre 5 - 10 cm utilizando un machete manual.

- Se formularon los sustratos en una proporción de 80% de carbono que es equivalente a 13,6 kg de rastrojo de maíz seco y 20% de nitrógeno, equivalente a 3,4 kg de salvado de trigo.

3.4.4 Fermentación semi-anaeróbica

Según Sánchez y Royse (2001)

- Se dispusieron seis baldes de 20 litros, los cuales fueron llenados con 10 litros de agua potable cada uno.
- Se añadió sacarosa equivalente al 1% del peso seco del sustrato.
- Se sumergió el sustrato, iniciando el proceso a 12°C, y se mantuvo en inmersión durante 7 días, alcanzando progresivamente una temperatura de 30°C.
- Al quinto día de fermentación, se observó la formación de biofilms y el hundimiento de sustrato hacia el fondo del balde.
- Se verificó el pH de 4,5 y posteriormente se dejó escurrir el sustrato fermentado por 12 h.

3.4.5. Pasteurización a vapor

Según Gaitán et al. (2006)

- Se llenó un cilindro con agua hasta las tres cuartas partes de su capacidad, colocando previamente un soporte en la base para evitar el contacto directo del sustrato con el agua.
- Se colocó el sustrato fermentado en dos sacos de malla, distribuyéndolo de manera uniforme.
- Los sacos se introdujeron dentro del cilindro y el material fue pasteurizado a 80 °C durante 2 horas.
- Finalmente, el sustrato se dejó enfriar hasta alcanzar aproximadamente 30 °C y una humedad de 65 - 75% antes de su posterior manipulación.

3.4.6. Siembra

Procedimiento modificado de Gaitán et al. (2006)

- Se desinfectó toda la superficie de trabajo utilizando alcohol al 70%.

- Se agregó 5% del inóculo fúngico de *Pleurotus ostreatus* sobre 2500 g de sustrato previamente pasteurizado a una temperatura de 30°C, distribuido en bolsas de polietileno de 15 × 10 cm, aplicando el método de siembra por capas.
- Se presionó ligeramente el sustrato para no generar espacios de aire dentro de las bolsas.
- Se selló herméticamente la parte superior de la bolsa empleando una liga.
- Finalmente, se desinfectó un cúter con alcohol al 70% y se realizaron 4 cortes de 3 cm en cada lado de la bolsa que contenía el sustrato inoculado.

3.4.7. Incubación

Según Gaitán et al. (2006)

- Se colocaron las bolsas con el sustrato inoculado en un ambiente cálido y oscuro, manteniendo una temperatura de 25°C por 22 días hasta que el micelio colonice todo el sustrato.
- Se realizó un monitoreo interdiario, verificando la presencia de posibles contaminaciones, el avance de la colonización, así como la temperatura y la humedad relativa de 75% mediante un termohigrómetro.

3.4.8. Fructificación

Procedimiento modificado de Holgado et al. (2019)

- Una vez completada la colonización del sustrato por el micelio de *Pleurotus ostreatus* a los 22 días, se procedió a cambiar las bolsas a un ambiente con 80% de iluminación indirecta.
- Se mantuvo una temperatura entre 16 - 22 °C, una humedad relativa de 90% y ventilación adecuada durante toda la fase de fructificación.
- Se aplicaron tres riegos diarios mediante un sistema de riego automático programado para funcionar por un minuto por aplicación.
- Al décimo día, se observó la formación de primordios.

3.4.9. Cosecha

Procedimiento modificado de Holgado et al. (2019)

- Una vez culminado el proceso de fructificación, se procedió a recolectar los cuerpos fructíferos mediante un giro de 360°, evitando causar daños tanto al hongo como al sustrato.
- Los hongos cosechados se colocaron en bandejas de acero inoxidable previamente desinfectadas, con el fin de evitar la contaminación cruzada durante su posterior manejo.

3.4.10. Obtención del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus*

Procedimiento modificado de James (2023)

- Se seleccionaron y lavaron los cuerpos fructíferos con agua destilada estéril con el fin de eliminar impurezas superficiales.
- Posteriormente, se cortaron y se dejaron secar a la sombra, en un ambiente ventilado, durante 72 horas, removiéndolos periódicamente para evitar la acumulación de humedad y posibles contaminaciones.
- Una vez secos, los cuerpos fructíferos se pulverizaron mediante un molino de granos.
- El material pulverizado se sometió a extracción continua mediante el método Soxhlet, empleando una proporción 1:10 (hongo pulverizado/etanol al 80%), durante 8 horas.
- Después del proceso de extracción, el material fue sometido a una etapa de maceración en el mismo equipo durante 7 días.
- Una vez concluido el tiempo de maceración, el etanol remanente del balón de extracción fue retirado cuidadosamente, quedando los compuestos lipídicos y metabolitos adheridos a las paredes internas del balón. Dicho material fue recuperado manualmente con la ayuda de una espátula estéril y transferido a un frasco estéril color ámbar.
- Finalmente, el material fue pesado en una balanza analítica para las posteriores pruebas.

3.4.11. Preparación de las concentraciones del extracto hidroalcohólico

Procedimiento modificado de según Gonzales (2004).

- Se preparó la solución madre disolviendo 5 g de extracto concentrado en 15 mL de agua destilada estéril obteniéndose una concentración de 333.33 inicial de mg/mL.

Tabla 3. Preparación de las diluciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus*

Concentración del extracto (%)	Solución madre (mL)	Agua destilada estéril (mL)	Volumen final (mL)
100	5	0	5
80	4	1	5
60	3	2	5
40	2	3	5
20	1	4	5

Nota: La concentración al 100 % correspondió a la solución madre sin diluir. Todas las diluciones se prepararon hasta completar un volumen final de 5 mL y se homogenizaron mediante agitación suave antes de su empleo en los ensayos microbiológicos

3.4.12. Determinación de la actividad antimicrobiana por el método de difusión en agar.

- **Activación de la cepa**

Se realizó las siembras correspondientes para rejuvenecer las cepas de *Candida albicans* en placas con medio Agar Sabouraud Dextrosa y *Escherichia coli* en medio Agar Nutritivo, los cuales fueron incubados a 37 °C por 18 a 24 horas.

- **Preparación del inóculo por suspensión directa de colonias**

Se recolectaron entre 3 y 5 colonias seleccionadas utilizando un hisopo de algodón, las cuales se depositaron en un tubo de ensayo estéril que contenía 5 mL de caldo Sabouraud y caldo nutritivo, según el tipo de microorganismo a cultivar. Las colonias se suspendieron completamente y el inóculo se ajustó a una turbidez equivalente al estándar 0,5 de la escala de McFarland, equivalente a $1,5 \times 10^8$ UFC/mL. La comparación de la turbidez se realizó colocando los tubos frente a un papel blanco con líneas negras.

- **Inoculación en placa**

Con la ayuda de un hisopo estéril y quitando el exceso de líquido contra la pared del tubo, se realizó la siembra por agotamiento, distribuyéndolo correctamente en 4 direcciones en el Agar Sabouraud Dextrosa y en el Agar Mueller Hinton respectivamente para cada cepa, luego se incubó por

15 minutos.

- **Preparación de pocillos**

Transcurridos los 15 minutos, se perforaron de manera aséptica las placas ya solidificadas con Agar Sabouraud Dextrosa y el Agar Mueller Hinton, formando orificios de 6 mm de diámetro utilizando un perforador estéril (Balouiri et al. 2015).

- **Incorporación de los controles problema**

Se tomaron 50 µL de cada concentración (20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %), así como de los controles positivo y negativo. Para *Escherichia coli*, cada muestra se colocó en los pocillos de las placas de Agar Mueller Hinton previamente rotuladas, mientras que para *Candida albicans* se colocaron en los pocillos de las placas de Agar Sabouraud Dextrosa. Posteriormente, las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas, sin invertir (Balouiri et al. 2015).

- **Lectura de los halos de inhibición**

Se realizó la medición de los halos de inhibición formados alrededor de cada pocillo utilizando un vernier digital marca Trupper. Para ello, se midieron las zonas de inhibición desde la parte posterior de la placa, utilizando luz reflejada (OPS, 2005).

3.4.13. Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) por el método de macrodilución en tubos y siembra en agar.

Según OPS (2005)

- Se emplearon 15 tubos de ensayos estériles que contenían 1 mL de solución salina fisiológica 0,9 %.
- Luego se agregó 1 mL del de la solución madre concentrado al tubo N°1, se hizo la dilución tomando 1 mL de este tubo y se transfirió al tubo N°2, de este tubo se transfirió 1 mL al tubo N°3 y así sucesivamente hasta el tubo N° 14, este último se descartó y el tubo N°15 no tuvo extracto.
- Luego se agregó 0,1 mL del inóculo microbiano (turbidez a 0,5 de la escala McFarland) a los 15 tubos, los cuales se incubaron a 37 °C por 24 horas tanto para *E. coli* como para *C. albicans*.
- Finalmente, se tomó los tubos con menor turbidez y se determinó a CMI por observación directa.

3.4.14 Determinación de la Concentración Mínima Fungicida (CMF) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) por el método de macrodilución en tubos y siembra en agar.

Según OPS (2005)

- De los 15 tubos incubados, se seleccionaron los cinco que presentaron la menor turbidez posible. se tomaron 100 µL del tubo seleccionado y se sembró por incorporación.
- Posteriormente, cada muestra se extendió uniformemente sobre la superficie del agar utilizando una espátula de Drigalski, para *E. coli*, se utilizó Agar Mueller Hinton, mientras que para *C. albicans* se empleó Agar Sabouraud Dextrosa. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas.
- Transcurrido el tiempo de incubación, se observó cada placa para determinar la concentración mínima bactericida (CMB) y la concentración mínima fungicida (CMF), se identificó la concentración en la cual no se observó crecimiento.

3.5. Enfoque de investigación

De acuerdo con Hinojosa et al. (2024), el enfoque cuantitativo se distingue por el uso de información expresada en valores numéricos, lo que permite analizar fenómenos, identificar tendencias y realizar posibles proyecciones. En este estudio se aplicó dicho enfoque, ya que se recurrió al análisis de datos numéricos obtenidos a partir de las mediciones de los halos de inhibición, con el propósito de evaluar la susceptibilidad de las cepas de *Candida albicans* y *Escherichia coli* frente a diferentes concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus*.

3.6. Tipo de investigación

De acuerdo con Hernández et al. (2014), la investigación aplicada se enfoca en la resolución de problemas concretos con un propósito práctico. En este estudio se adoptó dicho tipo de investigación, ya que busca contribuir a la solución de afecciones como la candidiasis e infecciones intestinales y extraintestinales, proponiendo como alternativa terapéutica el uso del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus*.

3.7. Diseño de investigación

Según Hernández et al. (2014), un diseño de investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencional de una variable independiente con el

propósito de analizar su influencia sobre una variable dependiente. En el presente estudio se aplicó este tipo de diseño, ya que se modificaron las concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* para evaluar su efecto antimicrobiano frente a cepas de *Candida albicans* y *Escherichia coli*.

3.8. Análisis estadístico

- Para la elaboración de tablas y figuras se utilizó el programa Microsoft Excel. Asimismo, para el procesamiento de datos obtenidos de los halos de inhibición se empleó el software Minitab versión 21.1.0 (2023). En primer lugar, se evaluó si los datos presentaban una distribución normal, posteriormente, se verificó la homogeneidad de varianzas y, finalmente se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) junto con la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

IV. RESULTADOS

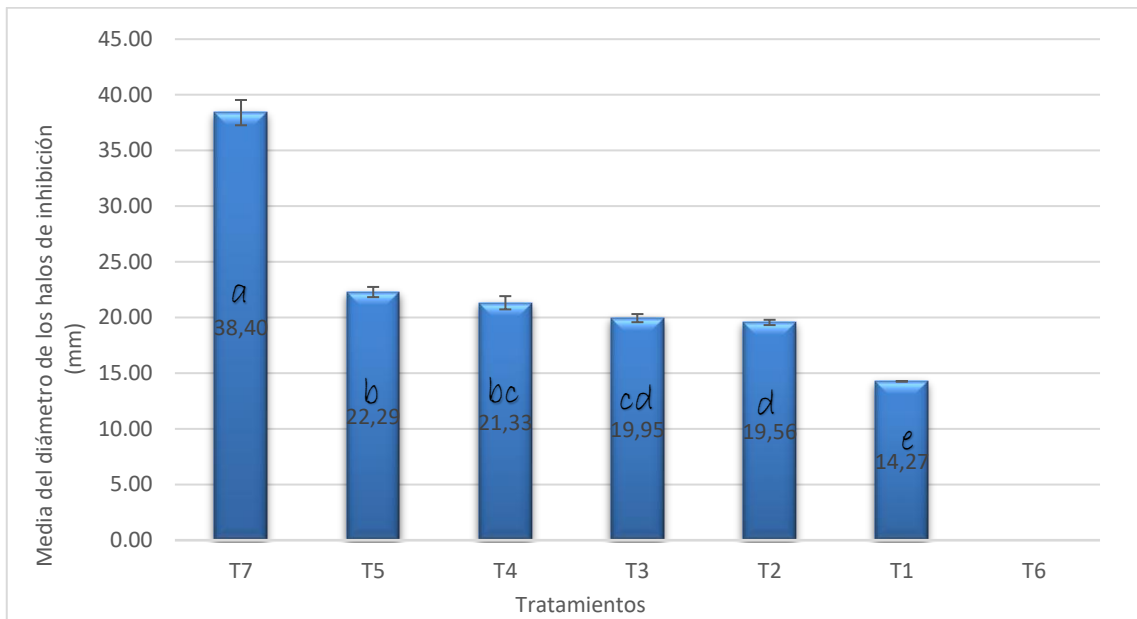
Tabla 4. Actividad antimicrobiana de *Pleurotus ostreatus* sobre *Escherichia coli* y *Candida albicans*, Ayacucho 2024.

Especie	Tratamiento	Diámetro de los halos de inhibición (mm) ($\bar{x} \pm s$)	T	Valor p	Actividad antimicrobiana
<i>Escherichia coli</i>	T ₁ : 20%	14.27±1.14	12.62	0.003	Presenta actividad antimicrobiana
	T ₂ : 40%	19.56±0.46	51.35	0.000	Presenta actividad antimicrobiana
	T ₃ : 60%	19.95±0.60	40.58	0.000	Presenta actividad antimicrobiana
	T ₄ : 80%	21.33±0.40	72.67	0.000	Presenta actividad antimicrobiana
	T ₅ : 100%	22,29±0.89	31.81	0.000	Presenta actividad antimicrobiana
	T ₆ : Control -	No se evidenció formación de halos de inhibición siendo el diámetro del pocillo igual a 6 mm			No presenta actividad antimicrobiana
	T ₇ : Control +	38.40±0.23	243.71	0.000	Presenta actividad antimicrobiana
<i>Candida albicans</i>	No se evidenció formación de halos de inhibición en los tratamientos T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄ , T ₅ y T ₆ (Control -); siendo el diámetro del pocillo igual a 6 mm				No presenta actividad antimicrobiana
	T ₇ : Control +	26.74±0.040	889	0.000	Presenta actividad antimicrobiana

Leyenda:

T: Prueba T de una muestra $H_1: \mu_{T1} > 6.00 \text{ mm}$, $\alpha=0.05$

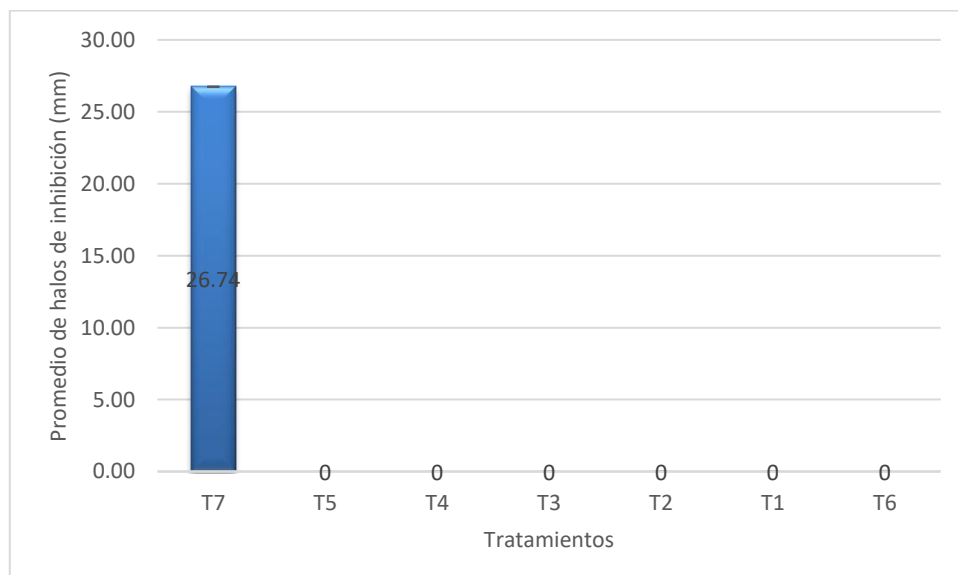
Figura 3. Diámetro promedio de los halos de inhibición (mm) y comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*, Ayacucho, 2024.



Nota:

T7: ampicilina (100 mg/mL), T5: 100% de extracto concentrado, T4: 80% de extracto concentrado, T3: 60% de extracto concentrado, T2: 40% de extracto concentrado, T1: 20% de extracto concentrado y T6: agua destilada. Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos

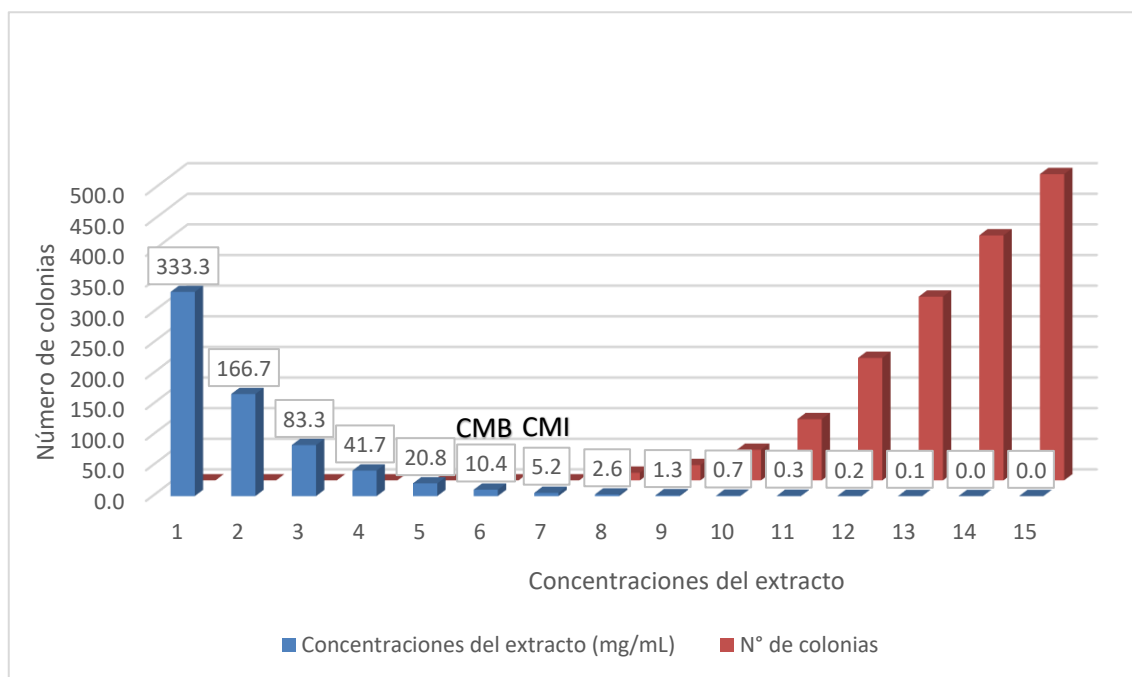
Figura 4. Diámetro promedio de halos de inhibición (mm) formados a diferentes concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* sobre cepas de *Candida albicans*, Ayacucho 2024.



Nota:

T7: Fluconazol (100 mg/mL), T5: 100% de extracto concentrado, T4: 80% de extracto concentrado, T3: 60% de extracto concentrado, T2: 40% de extracto concentrado, T1: 20% de extracto concentrado y T6: agua destilada.

Figura 5. Estimación de la CMI y CMB según la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* a diferentes concentraciones mostrando una tendencia de inhibición y crecimiento de *Escherichia coli*, Ayacucho 2024.



V. DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue determinar la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*, con el propósito de identificar nuevas alternativas capaces de mitigar el impacto de la resistencia microbiana asociada al uso de antibióticos convencionales.

En el presente estudio, tal como se muestra en la Tabla 4, se emplearon 2 cepas de importancia clínica: *E. coli*, aislada e identificada por el instituto nacional de la salud (INS) y *Candida albicans* aislada e identificada por el Hospital Regional de Ayacucho (HRA), las cuales fueron sometidas a pruebas de actividad antimicrobiana mediante difusión en pocillos de agar, registrándose únicamente halos de inhibición frente a *E. coli* y no frente a *C. albicans*. La diferencia en la sensibilidad puede atribuirse a las diferencias estructurales de ambos microorganismos, las bacterias gramnegativas están rodeadas por una delgada pared celular de peptidoglicano, lo cual facilitaría la penetración de los compuestos activos del extracto hidroalcohólico, que a su vez está rodeada por una membrana externa que contiene lipopolisacárido. Por el contrario, la pared celular de *C. albicans*, constituida principalmente por quitina, β -glucanos y una capa externa de manoproteínas, forma una estructura compleja que desempeña funciones de protección, integridad celular e interacción con el hospedero. Esta organización puede dificultar la penetración de determinados compuestos bioactivos y en conjunto con otros mecanismos de resistencia, contribuir a una menor susceptibilidad frente a algunos agentes antifúngicos (Gow et al. 2017; Pedros, 2003). Adicionalmente, la ausencia de actividad antifúngica observada frente a *Candida albicans* podría estar relacionada con mecanismos intrínsecos de resistencia del microorganismo, como la sobreexpresión de bombas de eflujo, modificaciones en la biosíntesis del ergosterol y la capacidad de formar biopelículas, los cuales limitan la acumulación intracelular y la eficacia de diversos compuestos bioactivos (Pfaller y Diekema, 2007).

En el Figura 3, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$), confirmando que al menos un tratamiento presenta diferencia significativa en la actividad antimicrobiana frente a *E. coli*. De acuerdo a la prueba de Tukey, las concentraciones al 100% y 80% presentaron los mayores promedios de halos de inhibición sin diferir estadísticamente entre sí, comportándose de manera similar; las concentraciones al 60% y 40% tampoco presentaron diferencias significativas entre ellas, indicando un efecto inhibitorio menor; mientras que la concentración al 20% difirió significativamente del resto de los tratamientos, presentando un efecto antimicrobiano notablemente menor, lo que indica que la concentración de metabolitos antimicrobianos se encuentra cerca o por debajo de la concentración mínima inhibitoria (CMI), reduciendo la capacidad de inhibición. Estos resultados estadísticos refuerzan que la actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de *P. ostreatus* es real, reproducible y dependiente de la concentración, sustentando su potencial como agente antibacteriano natural frente a *Escherichia coli*. Asimismo, se observa que los promedios de los halos de inhibición generados por el extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* aumentaron progresivamente de acuerdo a la concentración, alcanzando diámetros promedio entre 14,27 mm y 22,29 mm, lo que evidencia una actividad antibacteriana dependiente de la dosis. Este comportamiento dosis-dependiente es consistente con lo reportado por Florez y Flores (2024), quienes también evidenciaron actividad antibacteriana frente a *E. coli* con el extracto de *Pleurotus djamor*, donde a mayor concentración del extracto se observaron halos de inhibición más amplios, lo que sugiere que este patrón es característico de los extractos del género *Pleurotus*. No obstante, los valores obtenidos resultaron inferiores al halo producido por la ampicilina, que alcanzó un diámetro de 38,40 mm, lo cual es consistente con la mayor potencia farmacológica del antibiótico frente a *Escherichia coli*. La mayor eficacia de la ampicilina se explica por su mecanismo de acción específico y altamente optimizado, ya que este antibiótico inhibe la síntesis de la pared celular bacteriana al unirse a las proteínas fijadoras de penicilina, conduciendo a la lisis celular de *E. coli* (Murray, Rosenthal y Pfaller, 2020). Asimismo, los antibióticos farmacéuticos como la ampicilina presentan alta pureza, estabilidad química, biodisponibilidad controlada y concentraciones estandarizadas, factores que contribuyen a generar halos de inhibición más amplios y reproducibles (Katzung, 2021). Por el contrario, los extractos de *P. ostreatus* contienen mezclas complejas de metabolitos secundarios cuya concentración, difusión en el agar y estabilidad son variables, lo que puede limitar el tamaño del halo inhibitorio (Alves et al. 2012). Además, la difusión de los compuestos fenólicos y terpenoides presentes en *P. ostreatus* en el medio sólido suele ser más lenta

y menos uniforme que la de antibióticos de bajo peso molecular, reduciendo así la extensión del halo (Sánchez, 2010). En conjunto, estos resultados sugieren que, aunque el extracto de *P. ostreatus* presenta actividad antibacteriana estadísticamente significativa, su efecto es inferior al de la ampicilina debido a diferencias en potencia, pureza, concentración efectiva y mecanismo de acción.

El presente estudio evidencia actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*, lo cual concuerda con lo reportado por Hamad et al. (2022), quienes observaron un efecto inhibitorio significativo contra *E. coli* ATCC 25922 con halos de inhibición de $16 \pm 0,5$ mm, esta similitud sugiere que los metabolitos secundarios presentes en los extractos naturales, particularmente compuestos fenólicos y otros bioactivos, desempeñan un papel clave en la inhibición del crecimiento bacteriano.

De manera similar, Yan et al. (2024) señalan que los flavonoides presentes en *Pleurotus ostreatus* podrían haber contribuido a la actividad antibacteriana observada frente a *Escherichia coli* mediante diversos mecanismos, entre ellos la alteración de la permeabilidad de la membrana celular, la inhibición de enzimas esenciales para la replicación del ADN, como la ADN girasa y la interferencia con procesos metabólicos relacionados con la producción de energía, lo que limita el crecimiento y la viabilidad bacteriana. A diferencia de Sutthisa y Anujakkawan (2023), quienes no evidenciaron actividad antimicrobiana frente a *E. coli* en el extracto etanólico al 95% a una concentración de 15 mg/mL, en el presente estudio sí se registró actividad inhibitoria a todas las concentraciones evaluadas, lo que podría explicarse por las diferencias en el solvente de extracción utilizado y concentración de extracto utilizado, ya que el etanol en solución acuosa favorece la extracción de una mayor diversidad de metabolitos polares con capacidad antibacteriana.

Con respecto al fenómeno de halos dobles de inhibición observado en el Anexo 17, este hallazgo inusual fue reproducible al repetir el procedimiento, descartando errores técnicos de manipulación. El patrón de halos dobles observado durante el ensayo de difusión en agar podría estar relacionado con la naturaleza heterogénea del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus*, el cual contiene metabolitos de bajo y alto peso molecular. Mientras compuestos de menor tamaño, como algunos compuestos fenólicos y flavonoides, difunden con mayor rapidez a través del agar, macromoléculas como los β -glucanos y otros polisacáridos presentan una difusión considerablemente más lenta debido a su elevado peso molecular, que puede variar desde decenas hasta cientos o incluso miles de kilodaltons. Esta diferencia en la velocidad de difusión puede originar zonas de inhibición con distintos grados de intensidad o la formación de halos dobles

durante el ensayo de difusión en agar (Zhang et al. 2012).

En la Figura 4, se evidencia que el extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* no presentó actividad antifúngica frente a *Candida albicans* en todas las concentraciones evaluadas, mientras que el control positivo (fluconazol) alcanzó un halo promedio de 26,74 mm, demostrando la mayor eficacia del antifúngico comercial. Según Hasan y Abdulhadi (2023), los compuestos bioactivos de *P. ostreatus*, como los β -glucanos y metabolitos fenólicos, presentan actividad antimicrobiana cuyo efecto depende fuertemente de la concentración y del tipo de extracto, lo que explica por qué los extractos naturales tienden a producir halos más pequeños o incluso nulos debido a la menor concentración efectiva de principios activos y a su difusión limitada en el agar. En contraste, el fluconazol es un antifúngico triazólico altamente purificado diseñado para inhibir la síntesis de ergosterol, componente esencial de la membrana fúngica, produciendo una inhibición más potente y homogénea, con alta estabilidad, solubilidad y capacidad de difusión (Nunnally et al. 2021). Asimismo, la ausencia de halos en los tratamientos con extracto puede atribuirse a la baja concentración de metabolitos antifúngicos, la posible degradación de compuestos activos durante el proceso de extracción, o a la resistencia intrínseca de la cepa clínica de *Candida albicans* utilizada, tal como señalan investigaciones recientes sobre extractos naturales antifúngicos (Iheme et al. 2021).

No obstante, a diferencia de lo reportado por Hamad et al. (2022), quienes evidenciaron actividad antifúngica frente a *Candida albicans* con halos de $18 \pm 0,1$ mm, en el presente estudio no se observó efecto inhibitorio contra esta levadura. Esta discrepancia podría atribuirse a diferencias en el tipo de extracto, el método de extracción, la concentración de metabolitos activos, el origen del material biológico o las condiciones experimentales, factores que influyen decisivamente en la eficacia antifúngica. En este sentido, Lanni et al. (2021) demostraron que la actividad antifúngica frente a *Candida albicans* es altamente dependiente del sustrato de cultivo y del solvente de extracción utilizado, factores que determinan el perfil y la concentración de metabolitos activos en el extracto final. Adicionalmente, es importante considerar que la cepa de *C. albicans* empleada en este estudio fue aislada clínicamente en el Hospital Regional de Ayacucho, por lo que podría presentar mecanismos de resistencia adquirida no presentes en cepas de referencia ATCC, lo que explicaría en parte la ausencia de susceptibilidad observada. A diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio, Gutef et al. (2020) reportaron actividad antifúngica en extractos metanólicos contra *Candida albicans*, con un diámetro promedio de inhibición de $29,21 \pm 5,81$ mm y una CMI determinada a 25 mg/mL correspondiente a un halo de $10,25 \pm 4,59$ mm; sin embargo, en los extractos

acuoso y clorofórmico los halos fueron menores a 11 mm, estos resultados indican que la actividad antifúngica es dependiente del tipo de extracción, la concentración, el solvente utilizado, las cepas aisladas y la etapa de crecimiento del hongo, factores que influyen en la disponibilidad de los metabolitos secundarios y que podrían explicar la ausencia de actividad observada en el presente estudio. En este sentido, los esteroides y triterpenos presentes en *P. ostreatus* actúan sobre la vía de biosíntesis del ergosterol en *C. albicans* inhibiendo la enzima lanosterol 14- α desmetilasa, reducen la formación de tubos germinativos e incrementan la producción de especies reactivas de oxígeno intracelulares (ROS), concluyendo que la actividad antifúngica está asociada al daño celular en la membrana y a la inducción de muerte celular mediada por ROS, mecanismos que en el presente estudio podrían no haberse activado debido a la insuficiente concentración de dichos metabolitos en el extracto hidroalcohólico obtenido. En consecuencia, debido a la ausencia total de halos de inhibición frente a *Candida albicans* en todas las concentraciones evaluadas, no fue posible determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) ni la Concentración Mínima Fungicida (CMF) del extracto hidroalcohólico de *P. ostreatus*. Esta limitación se atribuye a la interacción de múltiples factores: la complejidad estructural de la pared celular de *C. albicans* que actúa como barrera de permeabilidad (Pedros, 2003), la posible insuficiencia en la concentración de metabolitos antifúngicos activos en el extracto hidroalcohólico frente a esta levadura (Hasan y Abdulhadi, 2023), la variabilidad en la actividad biológica según el tipo de solvente empleado, evidenciada por Gutef et al. (2020) quienes solo observaron actividad en extractos metanólicos y no en acuosos, y la probable resistencia adquirida de la cepa clínica aislada en el Hospital Regional de Ayacucho, que podría diferir en susceptibilidad respecto a cepas de referencia ATCC (Lanni et al. 2021).

En la Figura 5, se muestra la relación entre las concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* (mg/mL) y la estimación del crecimiento de colonias de *Escherichia coli*, observándose que a partir de 2,60 mg/mL se inicia el crecimiento visible de colonias. La concentración mínima inhibitoria (CMI) correspondió a 5,21 mg/mL y la concentración mínima bactericida (CMB) a 10,42 mg/mL, sin observarse crecimiento microbiano en el subcultivo en agar Mueller Hinton. La CMI constituye un valor cuantitativo que permite evaluar y comparar la potencia antimicrobiana de un extracto o compuesto, así como estimar dosis seguras, siendo además un criterio útil para estandarizar la dosis mínima efectiva de mezclas complejas de metabolitos secundarios (Balouiri et al. 2015). Los valores obtenidos en el presente estudio (CMI = 5,21 mg/mL) son comparables con los reportados por Lanni et al. (2021), quienes observaron una CMI de 6,25 mg/mL frente a *E. coli*, encontrándose en un rango

similar que refuerza la relevancia de los extractos de *P. ostreatus* como posibles agentes antimicrobianos naturales. Asimismo, Valencia del Toro y Aguilar (2020) reportaron una CMI de 3,9 µg/mL para compuestos volátiles de *P. ostreatus* frente a *E. coli*, valor inferior al obtenido en el presente estudio, diferencia que puede explicarse por la mayor concentración y pureza de los compuestos volátiles aislados en comparación con el extracto hidroalcohólico crudo utilizado en este estudio, el cual contiene una mezcla compleja de metabolitos con distintas potencias individuales. En contraste, Sutthisa y Anujakkawan (2023) no reportaron actividad antimicrobiana frente a *E. coli* ni determinaron valores de CMI ni CMB para los extractos etanólicos al 95%; sin embargo, el extracto obtenido con acetato de etilo al 95% sí mostró actividad inhibitoria frente a *E. coli* con un diámetro de zona de inhibición de 12,00 mm, sin lograr determinar la CMI, lo que refuerza la influencia del solvente de extracción en la obtención de metabolitos con actividad antibacteriana.

VI. CONCLUSIONES

1. El extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* presentó actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli*, evidenciada por la formación de halos de inhibición con diámetros que oscilaron entre 14,27 mm y 22,29 mm.
2. No se observó actividad antimicrobiana frente a *Candida albicans*, bajo las condiciones experimentales de este estudio.
3. La Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* fue de 5,21 mg/mL.
4. La Concentración Mínima Bactericida del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* fue de 10,42 mg/mL.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda conservar el extracto hidroalcohólico alejado de la luz directa, debido a que puede degradar o desestabilizar metabolitos secundarios sensibles, como compuestos fenólicos y flavonoides, reduciendo su actividad biológica.
2. Se sugiere hacer más estudios sobre el aislamiento y purificación de metabolitos secundarios y su posterior prueba de antagonismo para observar si el efecto es individual o sinérgico.
3. Se recomienda usar otros solventes y métodos de extracción para confirmar si la falta de actividad antimicrobiana frente a *Candida albicans* es atribuible al procedimiento empleado o a la naturaleza del hongo.
4. Se sugiere realizar estudios comparativos de extractos obtenidos en diferentes etapas de desarrollo de los cuerpos fructíferos, con el fin de evaluar posibles variaciones en la concentración de metabolitos secundarios y su actividad antimicrobiana.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Adebayo, A., Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Escudero, H., Meneses, M. E., Avila-Nava, A., Castillo, I., & Bonilla, M. (2018). *Comparative study of antioxidant and antibacterial properties of the edible mushrooms Pleurotus levis, P. ostreatus, P. pulmonarius and P. tuber-regium. International Journal of Food Science and Technology*, 53(5), 1316–1330. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13712>
- Alexopoulos. J y Mims, C. (1985). *Introducción a la micología*. Ediciones Omega. S. A., Barcelona SBN 84-282-0747-X. Recuperado de: https://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/_digital/alexopoulos_1985.pdf
- Alves, J., Ferreira, C. F. R., Froufe, H. J. C., Abreu, R. M. V., Martins, A., y Pintado, M. (2012). Antimicrobial activity of phenolic compounds identified in wild mushrooms, SAR analysis and docking studies. *Journal of Applied Microbiology*, 115(2), 346–357. <https://doi.org/10.1111/jam.12140>
- Balouiri, M., Sadiki, M. y Koraichi, S. (2015). Métodos para evaluar in vitro la actividad antimicrobiana: una revisión. *J Pharm Anal.* 2,6(2):71–79. Disponible en doi: 10.1016/j.jpha.2015.11.005.
- Bauer, W., Kirby, W. M. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). *Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method*. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496. https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4_ts.493
- Bertoia, M. (2017). Algunos conceptos sobre el cultivo de Maíz para ensilaje. Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- Bonifaz, A. (2012). *Micología Médica Básica*. 4° Ed. México DF: Mc Graw Hill. Editorial.
- Brenner, J; Krieg, N; Staley, J; Garrity, G; Boone, D; De vos, P; Rainey, F y Schleifer, K. (2005). *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology: Volume Two The Proteobacteria Part B The Gammaproteobacteria*. 10.1007/0-387-28022-7.
- Brooks G; Carroll, K; Butel, J; Morse, S y Mietzner T. (2011). *Microbiología Medica*. Mcgraw-Hill. N° edición 25.

- Catálogo de la Vida. (2016). *Pleurotus ostreatus*. Catalogue of Life.
- Centro Nacional para la Información Biotecnológica. (2015). *Pleurotus ostreatus*. National Center for Biotechnology Information.
- Chaquilla, G., Balandrán, R., Mendoza, M., y Mercado, N. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *Ciencia UAT*, 12(2), 137-147.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). *Method for antifungal disk diffusion susceptibility testing of yeasts* (3rd ed.; CLSI standard M44). CLSI. <https://clsi.org/shop/standards/m44/>
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2023). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing* (33rd ed.). CLSI supplement M100.
- Cuzcano-Ruiz, Á., Reyes-López, A., Nieto-Juarez, J., & Collantes-Díaz, I. (2020). Estudio de los fitoconstituyentes de *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de pulpa de café. *Tecnia*, 30(2), 64-70. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i2.806>
- De la cruz, M. (2020). *Factores asociados a la prevalencia de Escherichia coli productora de betalactamasas de espectro extendido en pacientes con infección del tracto urinario que acuden al Hospital Regional de Ayacucho - 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5a6e8de9-a89f-45bf-a569-287ac534358e/content>
- Devi, N. B., & Kalpana, C. A. (2025). Antimicrobial activity and identification of secondary metabolites in summer oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) extracts. *Asian Journal of Agriculture*, 9(1), 31–39. <https://doi.org/10.13057/asianjagric/g090104>
- Duarte, A., y González, C. (2018). *Evaluación del proceso de extracción de sustancias bioactivas de Orellana (Pleurotus ostreatus) por maceración dinámica* [Trabajo de grado, Universidad de los Llanos]. Repositorio Digital Universidad de los

Llanos.<https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/b173591d-213d-4578-8e25-598240f17e0b/content>

Florez, G., y Flores, E. E. (2024). *Actividad antioxidante y antibacteriana in vitro de los extractos metanólicos liofilizados de Pleurotus djamor frente a Staphylococcus aureus ATCC 29213 y Escherichia coli ATCC 25922, de las setas cultivadas en el centro poblado de Kiteni - Echarate, La Convención* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9977>

Furci, G. (2007). *Fungí Austral: Guía de campo de los hongos más vistosos de Chile*. Concepción, Chile: CORMA. Recuperado de: https://fundacionphilippi.cl/wp-content/uploads/2018/10/fungi_austral.pdf

Gaitán-Hernández, R; Salmones, D; Pérez, R y Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*, 1era. ed., 2a. reimp. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver., México.

García de Alva, D. (2007). *Identificación de los diferentes grupos de Escherichia coli en diarrea de pacientes con gastroenteritis mediante PCR* [Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Digital UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dffac63b-cdf9-4654-853f-2eadaedd45cc/content>

García, M. (2007). *Cultivo de setas y trufas*. 5 edición. Madrid

Gashaw, G., Fassil, A., & Redi, F. (2020). *Evaluación de la actividad antibacteriana de Pleurotus spp. cultivado en diferentes residuos agrícolas en Chiro, Etiopía*. Revista Internacional de Microbiología, 2020(1), Article 9312489. <https://doi.org/10.1155/2020/9312489>

- Gonzalez, A. (2004). *Obtención de aceites esenciales y extractos etanolicos de 38 plantas del Amazonas*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Colombia]
Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2800>
- Gow, N. A. R., Latgé, J.-P., & Munro, C. A. (2017). *The fungal cell wall: Structure, biosynthesis, and function*. *Microbiology Spectrum*, 5(3).
<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0035-2016>
- Guerrero, C., Mishe, C., Chávez, A., y Yaneth, E. (2023). *Capacidad inhibitoria de Pleurotus djamor sobre Escherichia coli y Staphylococcus aureus causantes de enfermedades transmitidas por alimentos*. [Tesis profesional para obtener el título de microbiólogo, Universidad popular del César-Colombia].
- Guimarães, A., Meireles, L., Lemos, M., Guimarães, M., Endringer, D., Fronza, M., y Scherer, R. (2019). *Antibacterial activity of terpenes and terpenoids present in essential oils*. *Molecules*, 24(13), 2471.
<https://doi.org/10.3390/molecules24132471>
- Gunasekaran, S., Govindan, S., y Ramani, P. (2021). *Sulfated modification, characterization and bioactivities of an acidic polysaccharide fraction from an edible mushroom Pleurotus eous (Berk.) Sacc.* *Heliyon*, 7.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05964>
- Gutef, A., Al-Attraqchi, A., Sahib, H., y Tawfeeq, A. (2020). *Evaluation of antifungal potential of fruiting body extracts of Pleurotus ostreatus in vitro and in vivo study*. *Drug Invention Today*, 14(3), 365–370.
- Hamad, D., El-Sayed, H., Ahmed, W., Sonbol, H., & Ramadan, M. A. H. (2022). *GC-MS analysis of potentially volatile compounds of the polar extract of Pleurotus ostreatus: Antimicrobial, cytotoxic, immunomodulatory and antioxidant activities in vitro*. *Frontiers in Microbiology*, 13, 834525.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.834525>

- Hasan, G., y Abdulhadi, S. (2023). *Molecular characterization of wild Pleurotus ostreatus and evaluation of β -glucans polysaccharide activities*. arXiv.
- He, M., Peng, Q., Xu, X., Shi, B., & Qiao, Y. (2024). Antioxidant capacities and non-volatile metabolites changes after solid-state fermentation of soybean using oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) mycelium. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1509341. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1509341>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.a ed). México: McGraw-Hill
- Hinojosa, J., Mamani, J. y Catacora, E. (2024). Proyecto de tesis: Guía práctica para investigación cuantitativa. Editora Científica Digital LTDA, (1° ed).
- Holgado, M., Aranzabal, R y Lazarte. (2019). *Cultivo orgánico de hongos nutraceuticos en comunidades campesinas de Huayllay, Harín y San Nicolás de Bari*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). (1ra ed). Editorial Alpha servicios gráficos S.R.L.
- Horna, G., Silva, M., Vicente, W. y Tamariz, J. (2005). Concentración mínima inhibitoria y concentración mínima bactericida de ciprofloxacina en bacterias uropatógenas aisladas en el Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. *Revista Médica Herediana*, 16(1), 39-45.
- Idexx. (2023). Guía microbiológica para interpretar la CMI. 2(CMI), 1-9. Disponible en: <https://www.idexx.es/files/mic-guía-microbiológica-es.pdf>
- Iheme, C. I., Ukairo, D. I., Oguoma, O. I., Nwaogu, L. A., & Ezirim, A. U. (2021). *GC-MS profile and antimicrobial activity of ethanol plant extracts*. arXiv.
- Illuri, R., Nguyen, V., Bukhari, N., Hatamleh, A., y P, B. (2022). Bio-prospective potential of *Pleurotus djamor* and *Pleurotus florida* mycelial extracts towards Gram positive and Gram negative microbial pathogens causing infectious disease. *Journal of infection and public health, Revista de Infecciones y Salud Pública*. Volumen15 (número 2), 297–306. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.10.012>

- James, J. (2023). *Medicinal mushrooms: The extraction and analysis of bioactive compounds from Hericium erinaceus and Ganoderma lucidum mushrooms* (Master's thesis, University of Windsor). University of Windsor.
- Jorgensen, J., y Ferraro, M. (2009). *Antimicrobial susceptibility testing: A review of general principles and contemporary practices*. Clinical Infectious Diseases, 49(11), 1749–1755. <https://doi.org/10.1086/647952>
- Katzung, B. (2021). *Basic & clinical pharmacology* (15th ed.). McGraw-Hill.
- Lanni, V., Cellini, A., Collina, M., Buriani, G., Bini, F., y Brunelli, A. (2021). Antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts of *Pleurotus ostreatus* against human pathogens. *Molecules*, 26(5), 1418. <https://doi.org/10.3390/molecules26051418>
- López, C., Hernández, R., Suárez y Borrero, C. (2006). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, 13(2), 128-137.
- Marcos, P. (2025). *Perfil de resistencia antimicrobiana, caracterización molecular y diversidad genómica de Escherichia coli provenientes de infecciones al tracto urinario en pacientes de establecimientos de salud públicos y privados en el Perú* [Tesis doctoral, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/17247>
- Martínez-Carrera, D. (1998). Oyster mushrooms. En M. D. Licker (Ed.), *McGraw-Hill yearbook of science & technology 1999* (pp. 242–245). McGraw-Hill. ISBN 0-07-052625-7
- Mata, G y Salmones, D. (2021). Características generales de los hongos. Técnicas de aislamiento, cultivo y conservación de cepas de hongos en el laboratorio. Instituto de Ecología, AC, Xalapa, México. 11-20 págs.
- Mkhize, S. S., Simelane, M. B. C., Mongalo, I. N., & Pooe, O. J. (2022). The effect of supplementing mushroom growing substrates on the bioactive compounds,

- antimicrobial activity, and antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus*. *Biochemistry Research International*, 2022, 9436614. <https://doi.org/10.1155/2022/9436614>
- Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2020). *Medical microbiology* (9th ed.). Elsevier.
- Murugesan, K., y Gunasagaran, S. (2021). *Purification and characterization of a synergistic bioactive lectin from Pleurotus flabellatus (PFL-L) with potent antibacterial and in-vitro radical scavenging activity. Analytical Biochemistry*, 635: 114450. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2021.114450>
- Neyra, L., y Armas, N. (2018). Evaluación in vitro de la actividad fungicida y fungistática del extracto etanólico de *Minthostachis mollis* (Muña) sobre cepa de *Candida albican* ATCC 10231. Tesis Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Departamento de Ciencias de la Salud, Lima.
- Nunnally, N., Damm, T., Lockhart, S., y Berkow, E. (2021). Categorizing Susceptibility of Clinical Isolates of *Candida auris* to Amphotericin B, Caspofungin, and Fluconazole by Use of the CLSI M44-A2 Disk Diffusion Method. *Journal of clinical microbiology*, 59(4), e02355-20. <https://doi.org/10.1128/JCM.02355-20>
- Ojito, K y Portal, O. (2017). Metabolitos secundarios de las Plantas, una alternativa para el manejo de enfermedades en cultivos de interés económico. Editorial academia española.
- Organización mundial de la salud. (2022). *WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action* (ISBN 978-92-4-006024-1) <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060241>
- Organización mundial de la salud. (2023). Traditional medicine gets global recognition from WHO. KnowEwell. <https://www.knowewell.com/written-content/traditional-medicine-gets-global-recognition-who>
- Organización mundial de la salud. (2024). *WHO bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development*

- and strategies to prevent and control antimicrobial resistance* (ISBN 978-92-4-009346-1). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461>.
- Organización Panamericana de la Salud (2005). *Manual de pruebas de susceptibilidad antimicrobiana*. <https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2005/susceptibilidad-antimicrobiana-manual-pruebas-2005.pdf>
- Palma, M., Barbero, G., Piñeiro, Z., Liazid, A., Barroso, C., Rostagno, M., Prado, J. y Meireles, M. (2013). Extraction of natural products: Principles and fundamental aspects. En: Rostagno, M. A. y Prado, J. M. (eds.). *Natural Product Extraction: Principles and Applications*. pp. 58-86. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry.
- Papaspyridi, L.-M., Aligiannis, N., Topakas, E., Christakopoulos, P., Skaltsounis, A.-L., & Fokialakis, N. (2012). Submerged fermentation of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* in a batch stirred tank bioreactor as a promising alternative for the effective production of bioactive metabolites. *Molecules*, 17(3), 2714–2724. <https://doi.org/10.3390/molecules17032714>
- Parzanese, M. (s.f). Fermentación en sustrato solido para el aprovechamiento de subproductos de la agroindustria.Ficha N° 27. Alimentos Argentinos. Argentina.
- Pedrós, M. (2003). *Clonación y caracterización de una hidrofobina de clase II (CaHFB) de Candida albica* [Tesis doctoral, Universitat de València]. Servei de Publicacions.
- Perreault, F. (2008). *Antimicrobial activity*. En E. Drioli & L. Giorno (Eds.), *Encyclopedia of Membranes* (pp. 1–2). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40872-4_2008-1
- Pfaller, M. A., y Diekema, D. J. (2007). Epidemiology of invasive candidiasis: A persistent public health problem. *Clinical Microbiology Reviews*, 20(1), 133–163. <https://doi.org/10.1128/CMR.00029-06>

- Pineda, J., Arturo, A., Cortés-Figueroa, T. del N., y Uribarren, I. (2017). Candidosis vaginal. Revisión de la literatura y situación de México y otros países latinoamericanos. *Revista Médica Risaralda*. [Internet]. [citado el 01 de abril de 2024]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-06672017000100009&script=sci_arttext
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321–1337. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>
- Sánchez, J y Royse, D. (2001). La biología y el cultivo de de *Pleurotus* spp. UTEKA NORIEGA EDITORES.
- Sánchez, J y Royse, D. (2017). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp*. Editorial UNEHA NORIEGA.
- Silhavy, T. J., Kahne, D., & Walker, S. (2010). *The bacterial cell envelope*. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(5), a000414. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a000414>
- Suárez, C. (2010). *Obtención in vitro de micelio de hongos comestibles, Shiitake (Lentinula edodes) y Orellanas (Pleurotus ostreatus y Pleurotus pulmonarius) a partir de aislamientos de cuerpos fructíferos, para la producción de semilla*. [Tesis de título, Universidad nacional de Colombia.] <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70516>
- Suclupe-Campos, D., Pérez-Mejía, R., & Aguilar-Gamboa, F. (2024). Características clínicas y microbiológicas de *Escherichia coli* uropatógenas productoras de BLEE aisladas de pacientes atendidos en el norte del Perú. *Revista Experiencia en Medicina*, 10(4), 22–30. <https://doi.org/10.37065/rem.v10i4.788>
- Sutthisa, W., & Anujakkawan, S. (2023). Potencial antibacteriano del extracto de seta ostra (*Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm.) contra bacterias patógenas.

- Journal of Pure and Applied Microbiology*, 17(3), 1907–1915.
<https://doi.org/10.22207/JPAM.17.3.56>
- Valencia del Toro, G y Aguilar, M. (2020). *Otras propiedades medicinales y funcionales de las las setas Pleurotus spp.* Editorial: El Colegio de la Frontera Sur.
https://www.researchgate.net/publication/339536672_OTRAS_PROPIEDADES_MEDICINALES_Y_FUNCIONALES_DE_LAS_SETAS_Pleurotus_spp
- Veliz, I. (2024). *Prevalencia e identificación de especies de Candida aisladas de mujeres en edad fértil, Centro de Salud San Juan Bautista* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7360>
- Verma, N., Prasad, R y Kudada, N. (2001). *Investigación of anti-viral properties on extract of pleurotus sajor caju. Ancient Science of Life*, 21(1), 34–347.
- Yan, Y., Xia, X., Fatima, A., Zhang, L., Yuan, G., Lian, F., & Wang, Y. (2024). Antibacterial activity and mechanisms of plant flavonoids against Gram-negative bacteria based on the antibacterial statistical model. *Pharmaceuticals*, 17(3), 292. <https://doi.org/10.3390/ph17030292>
- Yilmaz, A., Yıldız, S., Tabbouche, S., Kılıç, A. O., & Can, Z. (2016). *Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial properties of Pleurotus ostreatus grown on lime (Tilia tomentosa) leaves.* Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 44(2), 119–124.
- Zhang, Y., Dai, L., Kong, X., & Chen, L. (2012). Characterization and in vitro antioxidant activities of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus*. *International journal of biological macromolecules*, 51(3), 259–265.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.05.003>
- Zurita, S. (2013). Manual de procedimientos de laboratorio: laboratorios locales I y laboratorios locales II. En Ministerio de Salud del Perú. Disponible en:

<https://repositorio.ins.gob.pe/bitstreams/83abd615-20d6-42f2-91aa-525ed04207c8/download>

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad de Anderson Darling del promedio de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*, Ayacucho 2024.

Pruebas de normalidad de Anderson Darling		
Tratamientos	A cuadrado	Valor P
T1	0,35	0,187
T2	0,32	0,228
T3	0,32	0,23
T4	0,19	0,622
T5	0,25	0,409
T7	0,19	0,617

Anexo 2. Prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*, Ayacucho 2024.

Método	Estadística de prueba	Valor P
Bartlett	5,99	0,307

Anexo 3. Prueba de ANOVA de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*, Ayacucho 2024.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	6	2318,26	386,376	1277	0,0000
Error	14	4,24	0,303		
Total	20	2322,49			

Nota:

H0: No existe diferencias significativas entre los tratamientos; todos los extractos inhiben igual a *E. coli*.

H1: Al menos un tratamiento tiene un efecto de inhibición diferente

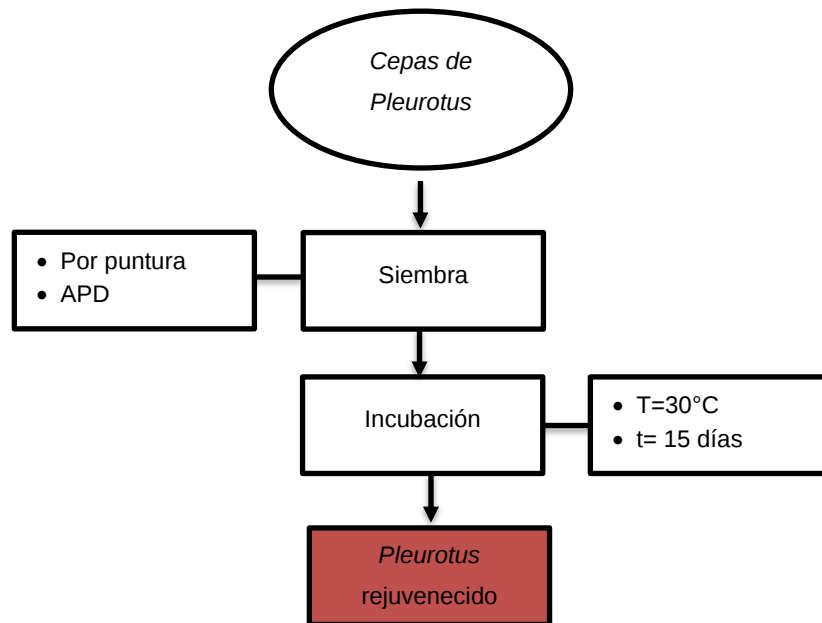
Nivel de significancia (α) = 0,05

Anexo 4. Prueba de comparación múltiples de promedios con Tukey con una confianza del 95% de los halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli*, Ayacucho 2024.

Tratamientos	N	Promedio	Agrupación	
T7	3	38,40	A	
T5	3	22,29	B	
T4	3	21,33	B	C
T3	3	19,95	C	D
T2	3	19,56		D
T1	3	14,27		E
T6	3	0		

Nota: Las medias de tratamientos que comparten la misma letra no son significativamente diferentes; los promedios de los tratamientos con letras distintas entre sí son significativamente diferentes entre sí ($p < 0,05$).

Anexo 5. Flujograma del proceso mantenimiento y/o preservación de cepas de *Pleurotus ostreatus*



Leyenda

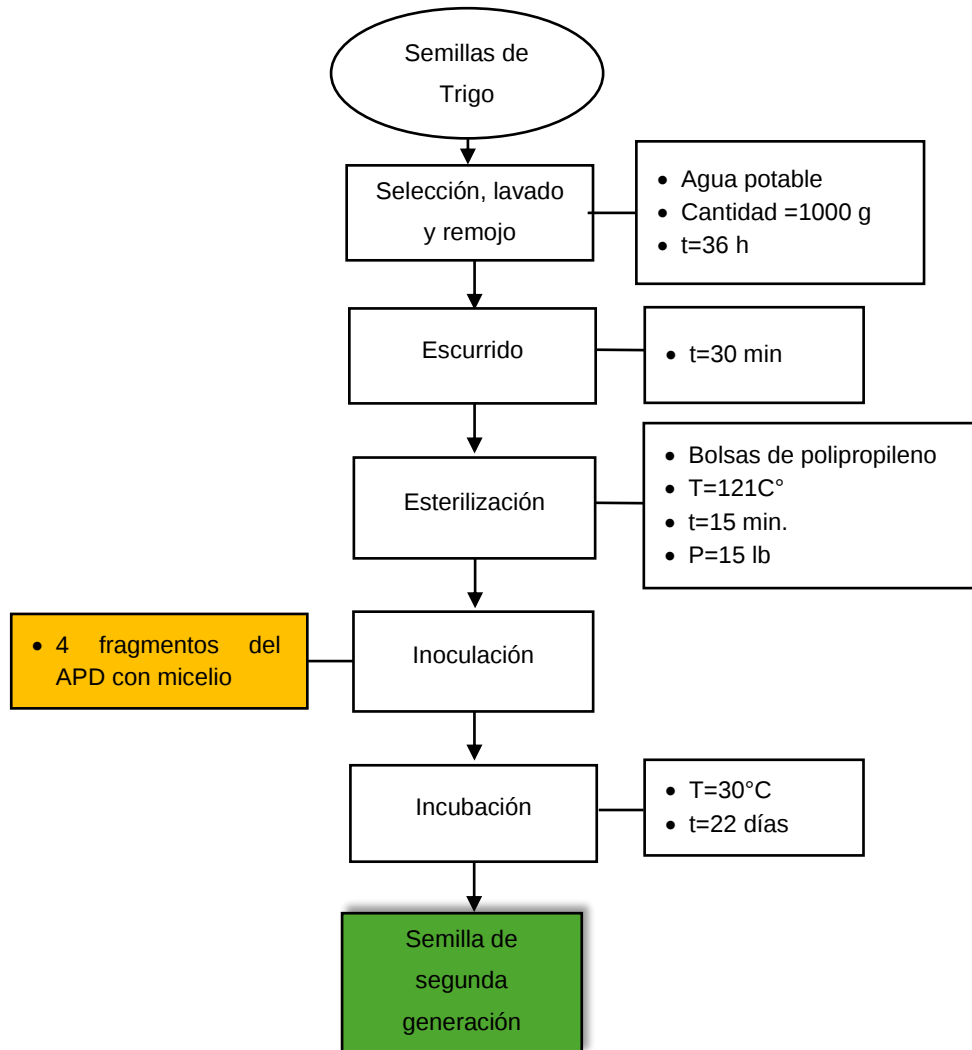
APD: Agar Papa Dextrosa.

Anexo 6. Fotografías del proceso de preservación y/o mantenimiento de cepas de *Pleurotus ostreatus*.



Nota: A) cepas de *P. ostreatus*, B) siembra en punción en Agar Papa Dextrosa, C) Cepa de *P. ostreatus* rejuvenecido.

Anexo 7. Flujograma del proceso de elaboración del inóculo fúngico.

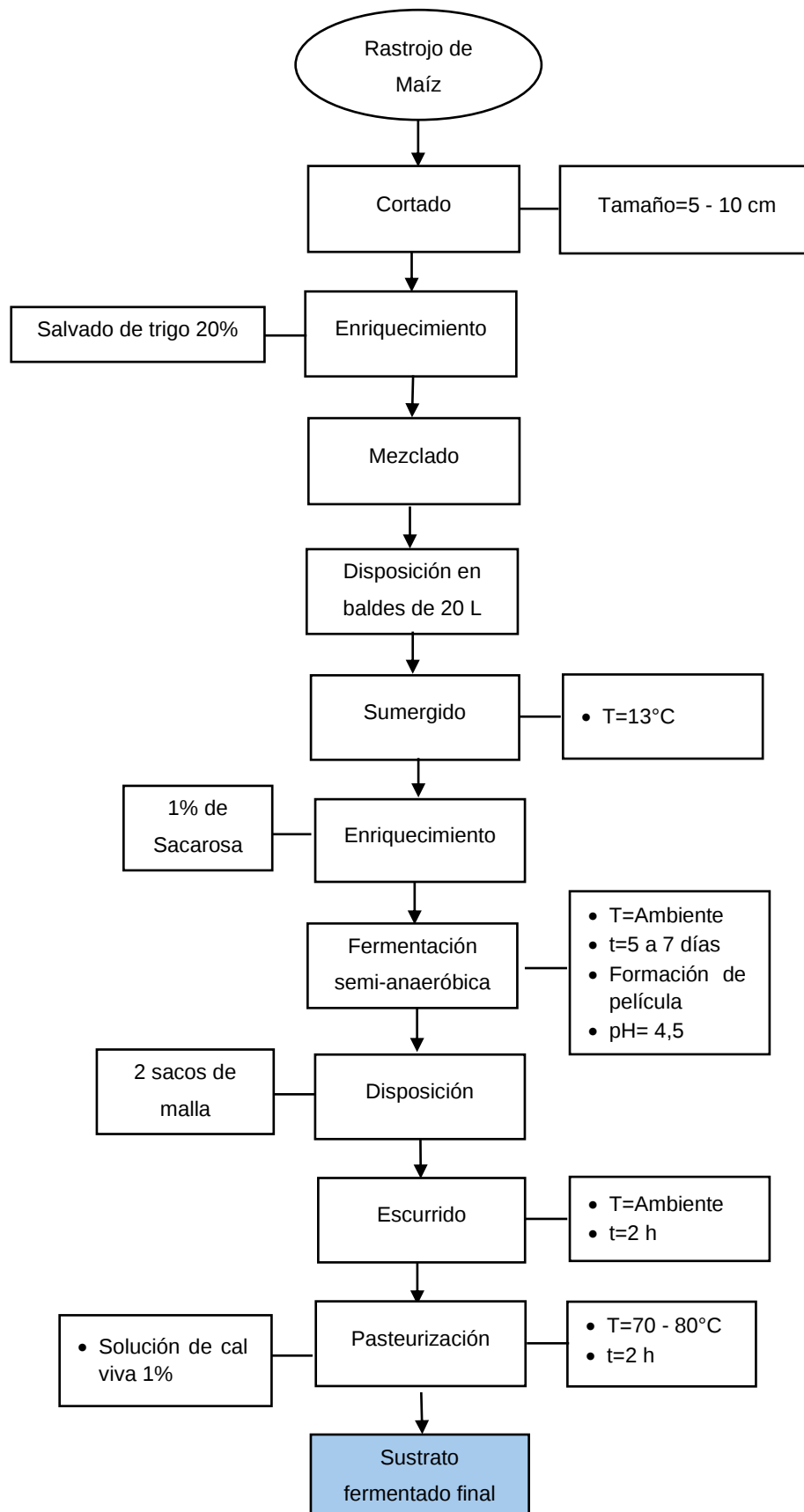


Anexo 8. Fotografías del proceso de elaboración del inóculo fúngico.

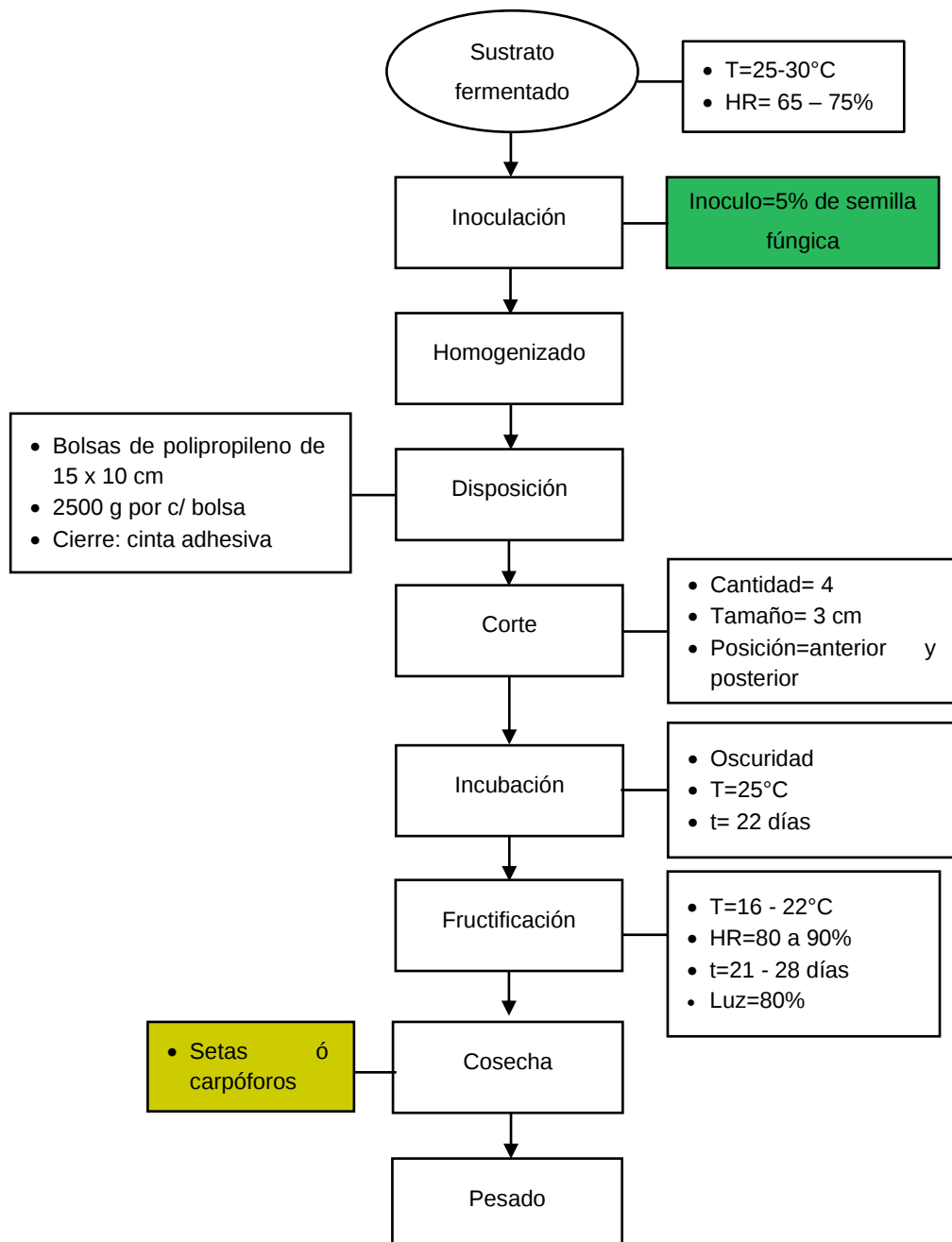


Nota: A) Selección del trigo, B) Lavado y remojo por 36 horas, C) Corte al medio con micelio joven, D) Inoculación del trigo estéril con micelio de *P. ostreatus*, E) Incubación por 22 días a 30°C, F) Monitoreo de la colonización de *P. ostreatus* en trigo estéril.

Anexo 9. Flujograma del proceso para la preparación, fermentación semi-anaeróbica y pasteurización del sustrato.



Anexo 10. Flujograma del proceso de producción de *Pleurotus ostreatus*.

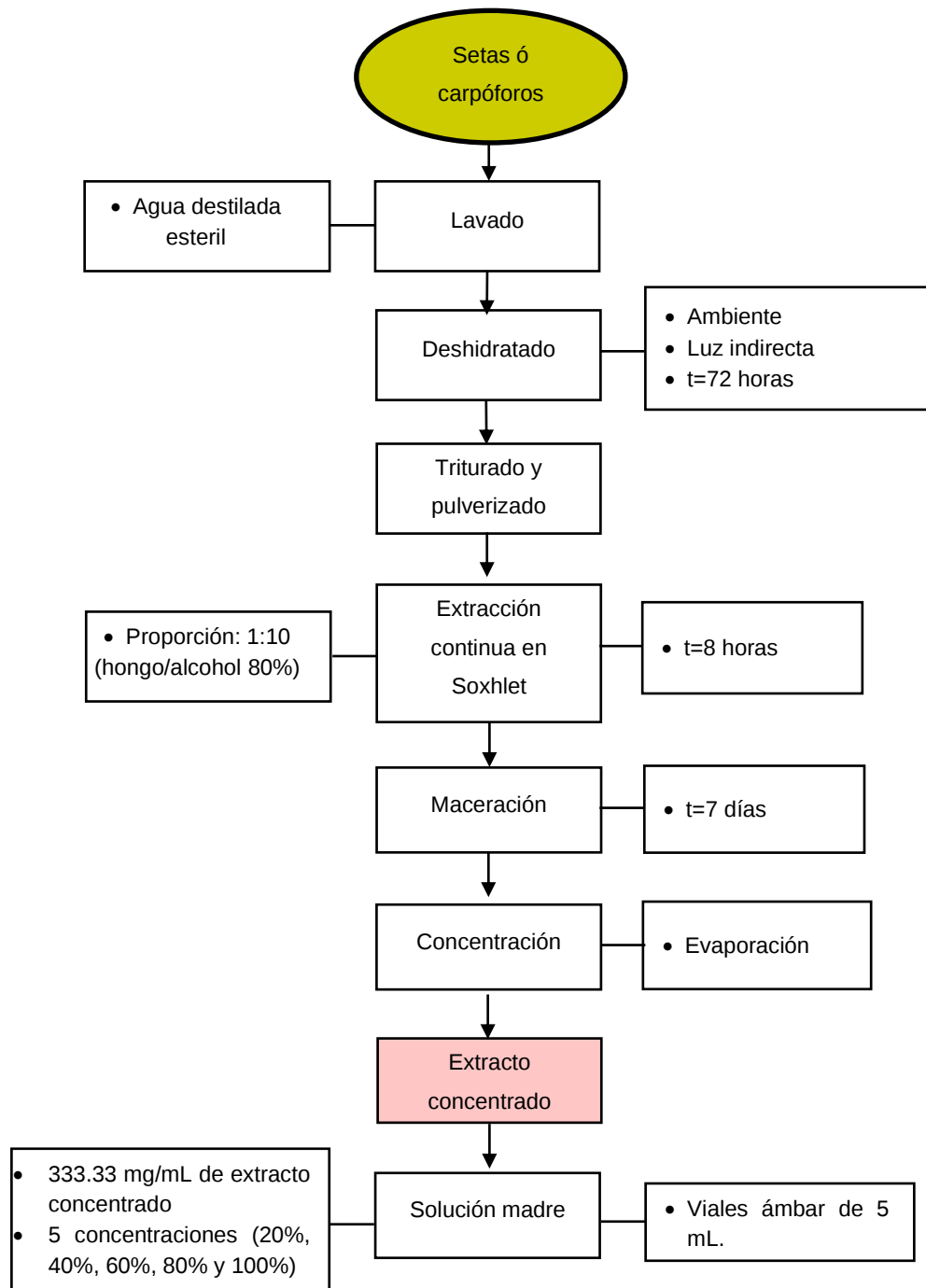


Anexo 11. Fotografías del proceso de preparación, fermentación semi-anaeróbica, pasteurización del sustrato y producción de *Pleurotus ostreatus*.



Nota: A) Corte del sustrato, B) Inicio de la fermentación semi-anaeróbica, C) Final de la fermentación, D) Pasteurización al vapor, E) Enfriamiento del sustrato, F) Inoculación con 5% de micelio, G) Incubación en oscuridad, H) Inducción a fructificación, I) Aparición de los primeros primordios, J) Setas a 10 días, K) Setas a 12 días, L) Cosecha de setas.

Anexo 12. Flujograma del proceso de obtención del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus Ostreatus*.



Anexo 13. Fotografías del proceso de obtención del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus Ostreatus*.



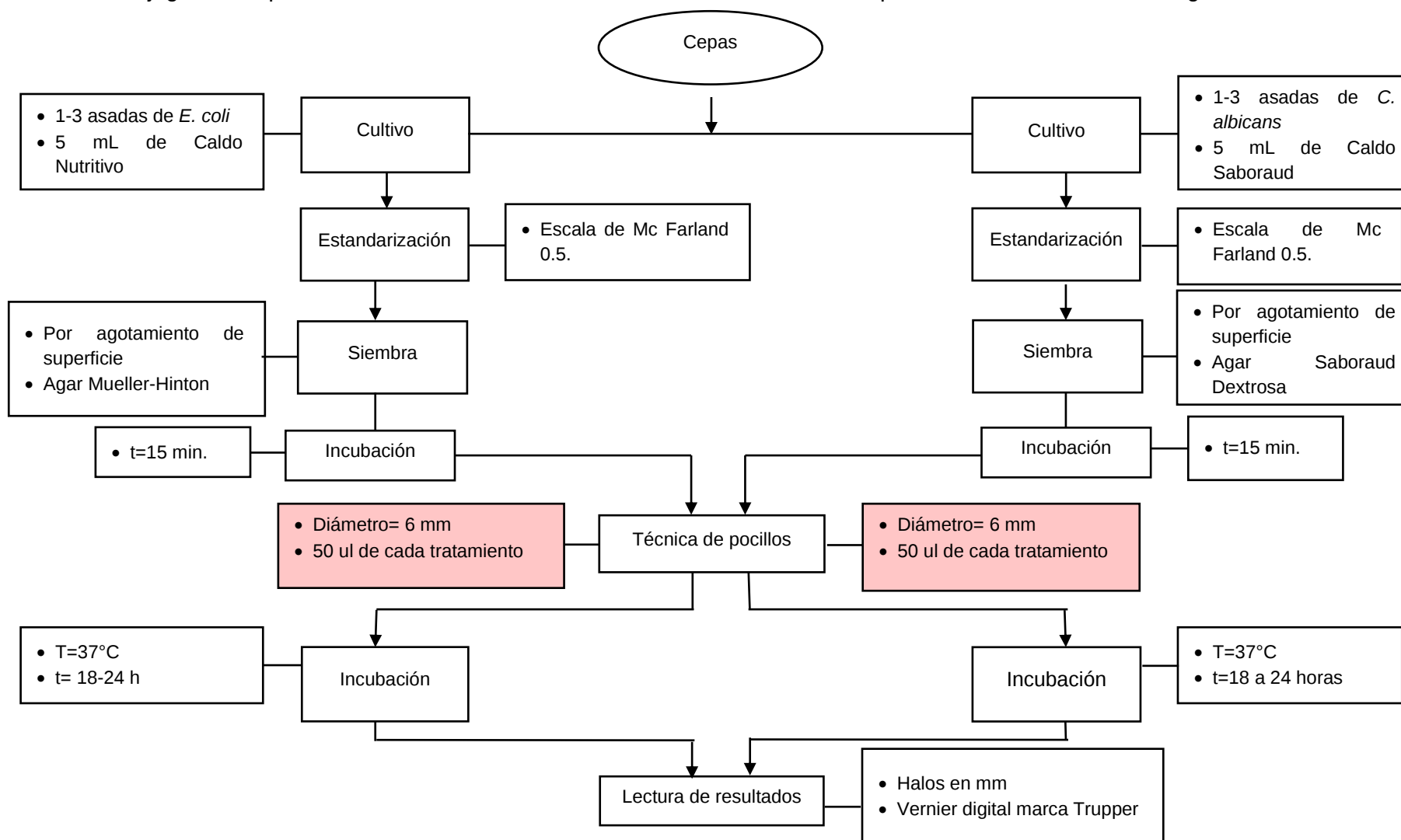
Nota: A) Lavado de las setas con agua destilada, B) Corte y pesado de las setas, C) Pesado de las setas deshidratadas, D) Molido de las setas en pulverizador de granos, E) Pesado del pulverizado del hongo y F) Extracción continua por Soxhlet por 8 horas.

Anexo 14. Fotografías del proceso de preparación de las concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus*.

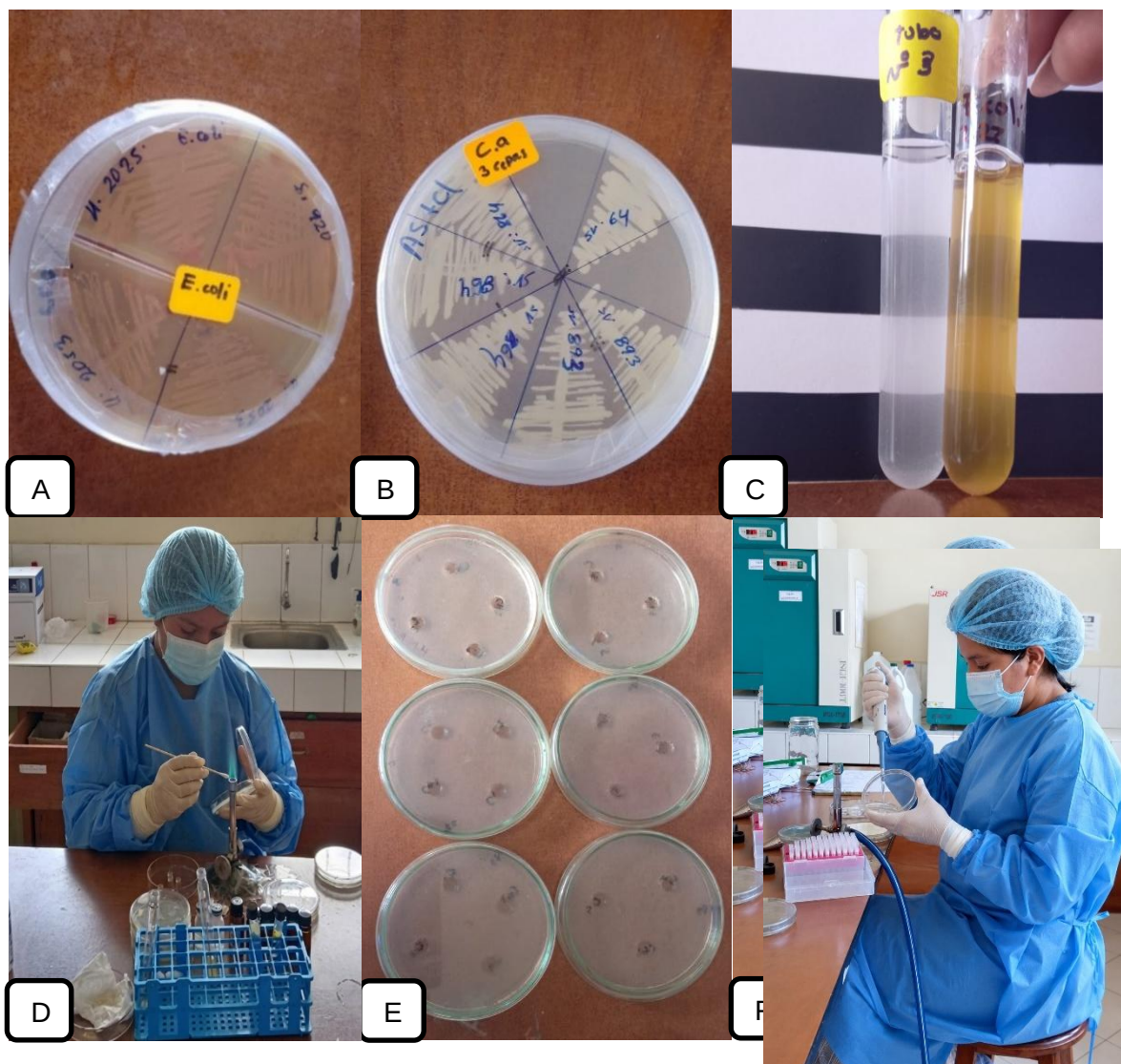


Nota: A) Extracto concentrado, B) preparación de la solución madre (5 gr/15 ml), C) preparación de los tratamientos problema.

Anexo 15. Flujograma de procesos de la determinación de la actividad antimicrobiana por el método de difusión en agar.



Anexo 16. Fotografías de los procesos determinación de la actividad antimicrobiana por el método de difusión en agar.



Nota: A) Cepas de *E. coli* del INS, B) Cepas de *Candida albicans* del Hospital Regional de Ayacucho, C) Estandarización de las cepas con la escala Mc Farland 0.5 ($1,5 \times 10^8$ UFC/mL), D) Siembra por agotamiento de superficie, E) Técnica de difusión en pocillos con agujeros de 6 mm, F) Incorporación de 50 µl de cada tratamiento respectivamente.

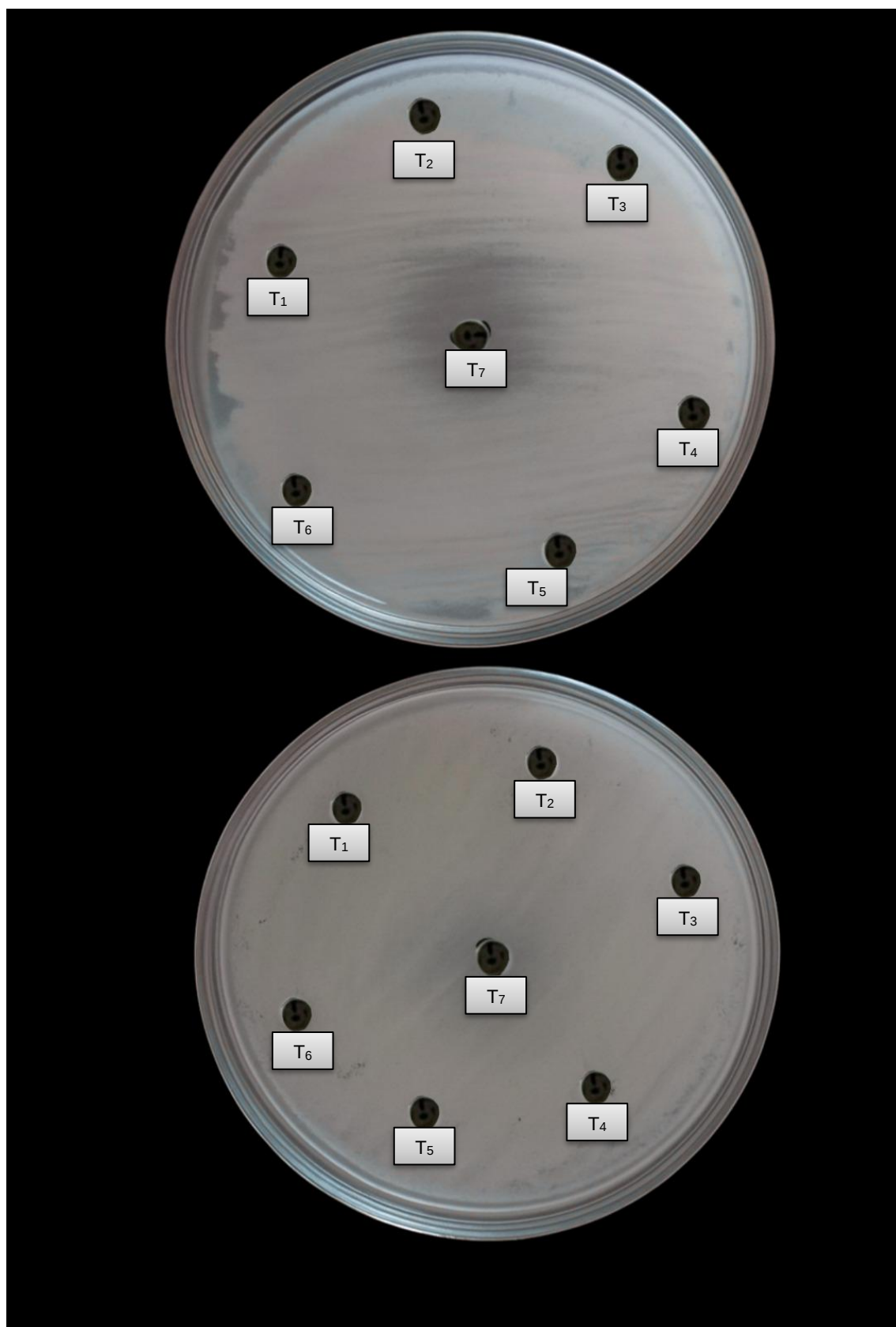
Anexo 17. Halos de inhibición por las distintas concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente *Escherichia coli*, Ayacucho 2024.



Anexo 18. Promedio del diámetro de halos de inhibición (mm) del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a cepas de *Escherichia coli*, Ayacucho 2024.

Número de repetición	Tratamiento	Diámetro de halo de inhibición (mm)	Promedio $\pm$ D. E
1	T ₁ : 20%	12,97	14,27 $\pm$ 1,135
2		15,08	
3		14,75	
1	T ₂ : 40%	19,04	19,56 $\pm$ 0,457
2		19,90	
3		19,74	
1	T ₃ : 60%	19,27	19,95 $\pm$ 0.595
2		20,39	
3		20,18	
1	T ₄ : 80%	21,31	21,33 $\pm$ 0.365
2		20,97	
3		21,70	
1	T ₅ : 100%	23,31	22,29 $\pm$ 0.238
2		21,86	
3		21,70	
1	T ₆ : Control -	0,00	0 $\pm$ 0
2		0,00	
3		0,00	
1	T ₇ : Control +	38,18	38,4 $\pm$ 0.230
2		38,64	
3		38,39	

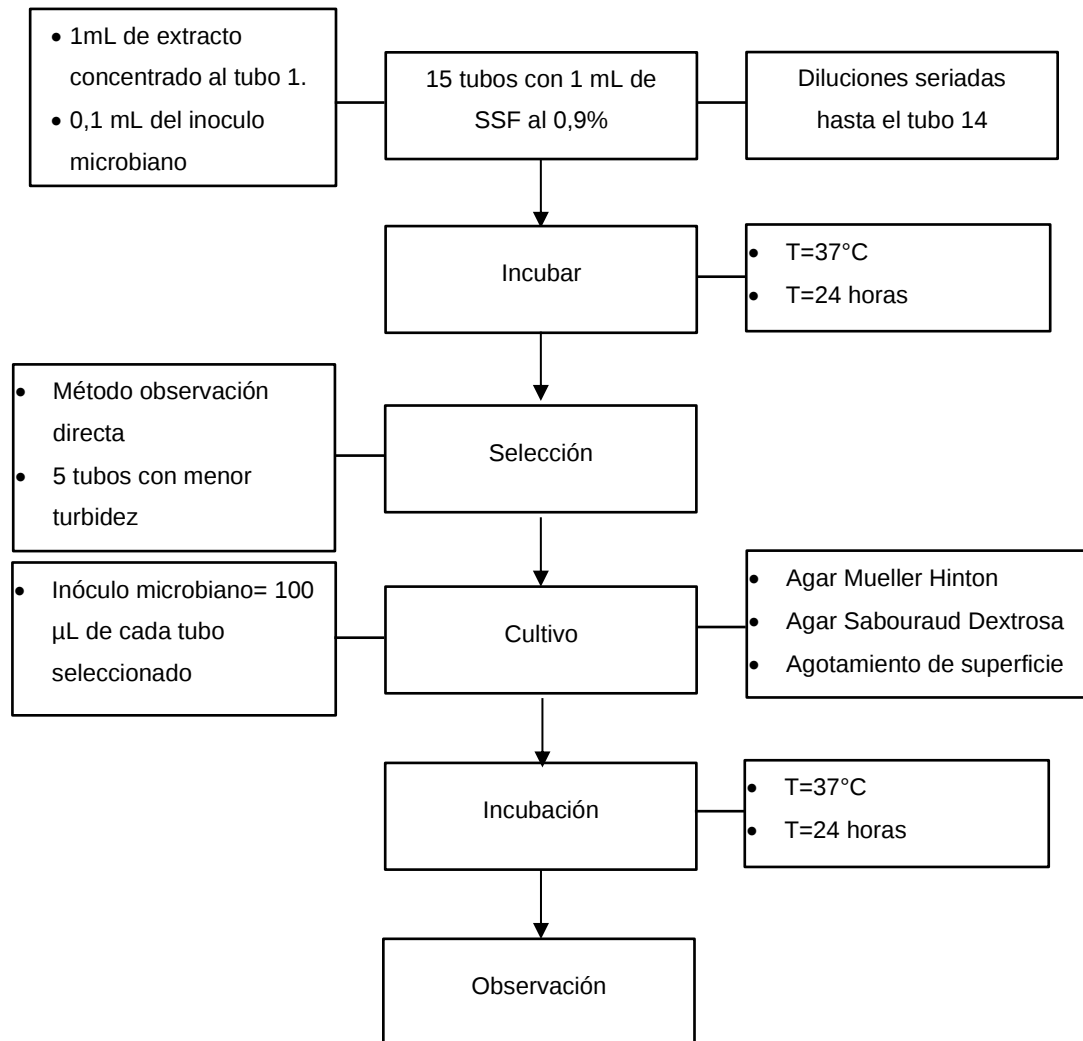
Anexo 19. Halos de inhibición por las distintas concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente *Candida albicans*, Ayacucho 2024.



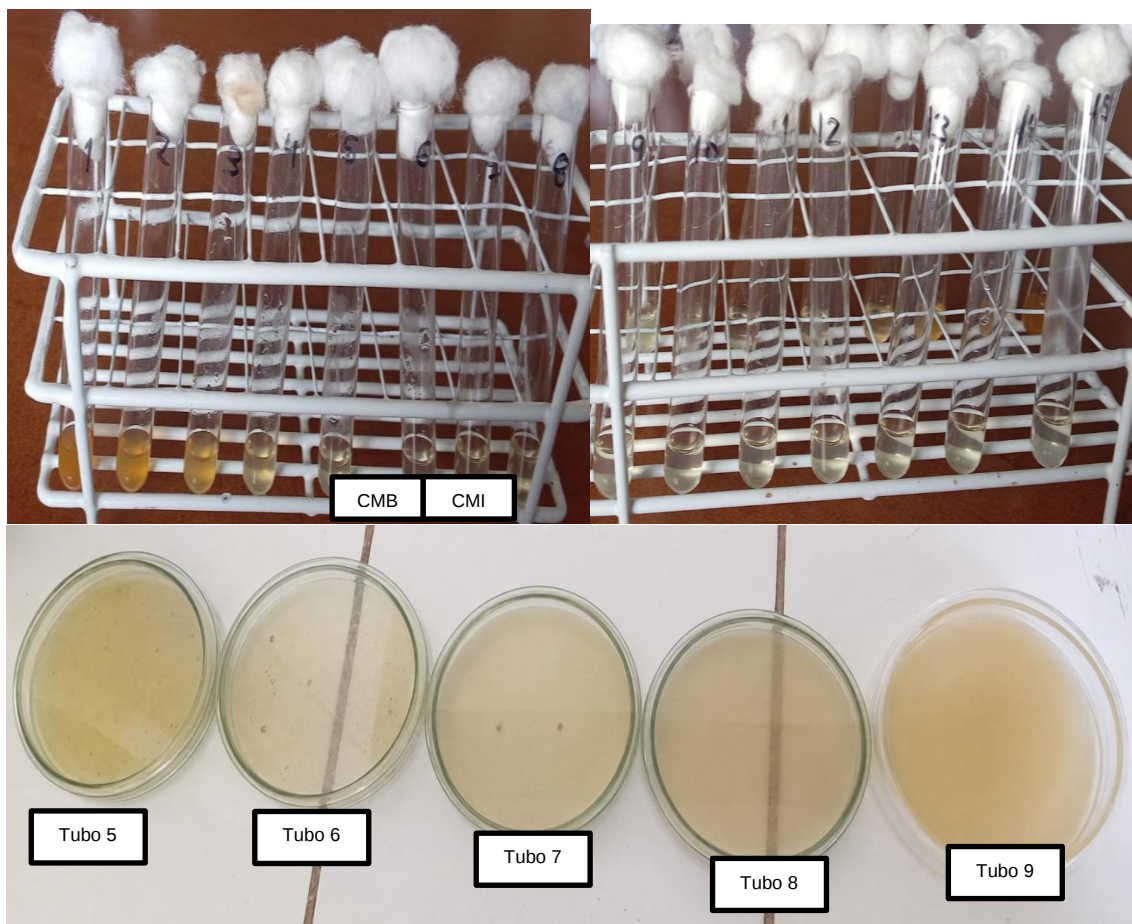
Anexo 20. Promedio de halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a cepas de *Candida albicans*, Ayacucho 2024.

Número de repetición	Tratamiento	Díámetro de halo de inhibición (mm)	Promedio $\pm$ D. E
1	T ₁ : 20%	0,00	0.0 $\pm$ 0
2		0,00	
3		0,00	
1	T ₂ : 40%	0,00	0.0 $\pm$ 0
2		0,00	
3		0,00	
1	T ₃ : 60%	0,00	0.0 $\pm$ 0
2		0,00	
3		0,00	
1	T ₄ : 80%	0,00	0.0 $\pm$ 0
2		0,00	
3		0,00	
1	T ₅ : 100%	0,00	0.0 $\pm$ 0
2		0,00	
3		0,00	
1	T ₆ : Control -	0,00	0.0 $\pm$ 0
2		0,00	
3		0,00	
1	T ₇ : Control +	26,70	26.74 $\pm$ 0.0404
2		26,75	
3		26,78	

Anexo 21. Flujograma del procedimiento para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) por el método de macrodilución en tubos, Concentración mínima fungicida (CMF) y Concentración Mínima Bactericida (CMB).



Anexo 22. Fotografías del procedimiento para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) por el método de macrodilución en tubos, Concentración mínima fungicida (CMF) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) en cultivos en Agar.



Nota: Dilución de los 15 tubos para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) por el método de macrodilución en tubos, Concentración mínima fungicida (CMF) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) por cultivos en Agar Mueller Hinton.

Anexo 23. Observación de la CMI y CMB según la actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* a diferentes concentraciones de acuerdo a la turbidez y subcultivo en el crecimiento de *Escherichia coli*.

N° de tubos	Concentraciones del extracto (mg/mL)	Observación
1	333,33	-
2	166,67	-
3	83,33	-
4	41,67	-
5	20,83	-
6	10,42	CMB
7	5,21	CMI
8	2,60	+
9	1,30	+
10	0,65	+
11	0,33	+
12	0,16	+
13	0,08	+
14	0,04	+
15	0,00	+

Leyenda

-: Ausencia de crecimiento visible.

+: Presencia de crecimiento microbiano visible.

CMI: Concentración Mínima Inhibitoria.

CMB: Concentración Mínima bactericida.

Anexo 24. Constancia de autenticidad genética de *Pleurotus ostreatus*



CONSTANCIA DE VENTA Y AUTENTICIDAD GENETICA

Fungi Innova EIRL.
Jr. Tahuantinsuyo 1376-SJL-LIMA
fungiiinnova@gmail.com
14 de mayo del 2026

Por la presente, la empresa **FUNGI INNOVA** con RUC: 20606460032, certifica la venta de la cepa secuenciada PO_COL_FI001 del hongo *Pleurotus ostreatus* a **Flor Maritza Ichaccaya Humareda** con DNI: 70422735, quien es egresada de la **Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga**. La cepa ha sido vendida para el uso de su tesis de investigación titulada: **"Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*, Ayacucho 2024"**

La cepa secuenciada tiene un porcentaje de identidad máxima de **98.17%** con la especie *Pleurotus ostreatus*, lo cual puede ser verificado en la página web oficial de NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>.



Asimismo, se deja constancia que la presente venta se encuentra debidamente respaldada mediante la Boleta de Venta N.º **EB01-88** emitida por FUNGI INNOVA, validando la transacción comercial y la procedencia legal del material biológico.



Atentamente,


Erik Nikol Muñoz Caballero
Gerente general
FUNGI INNOVA EIRL.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> y <i>Candida albicans</i> . Ayacucho 2024	¿Cuál es la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> y <i>Candida albicans</i> ?	Objetivo general 5. Determinar la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i> y <i>Candida albicans</i>. Objetivos específicos 6. Determinar la concentración mínima inhibitoria del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i>. 7. Determinar la concentración mínima inhibitoria del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Candida albicans</i>. 8. Determinar la concentración mínima bactericida del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Escherichia coli</i>. Determinar la concentración mínima fungicida del extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> frente a <i>Candida albicans</i>.	2.1. Antecedentes 2.2. Marco conceptual 2.2.1. <i>Pleurotus ostreatus</i> 2.2.2. Morfología de <i>Pleurotus ostreatus</i> 2.2.3 Características de <i>Pleurotus ostreatus</i> 2.2.4. Distribución y hábitat 2.2.5. Propiedades medicinales de <i>Pleurotus</i> spp. 2.2.6. Metabolitos secundarios presentes en <i>Pleurotus</i> 2.2.7. Cultivo de hongos comestibles 2.2.8. Factores y condiciones que influyen en su crecimiento y desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> 2.2.9. Sustrato utilizado para el crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> 2.2.10. Fermentación de sustrato 2.2.11. Extracción de metabolitos secundarios 2.2.12. Microorganismos patógenos de interés clínico 2.2.13. Actividad antimicrobiana 2.2.14. Extracto hidroalcohólico. 2.2.15. Metabolitos secundarios. 2.2.16. Halo de inhibición 2.2.17. Concentración mínima inhibitoria (CMI). 2.2.18. Concentración mínima bactericida (CMB). 2.2.19. Concentración mínima fungicida (CMF).	El extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> presenta actividad antimicrobiana significativa frente a <i>Escherichia coli</i> y <i>Candida albicans</i> .	Variable independiente • Extracto hidroalcohólico de <i>Pleurotus ostreatus</i> Indicadores Concentraciones 20 %, 40%, 60 % y 80 % y 100 % Variable dependiente • Actividad antimicrobiana Indicadores • Halo de inhibición en mm. • Concentración mínima inhibitoria en mg/mL. • Concentración mínima bactericida en mg/mL. • Concentración mínima fungicida en mg/mL.	Enfoque de investigación Cuantitativo Tipo de investigación Aplicada Diseño de investigación Experimental Unidad de análisis • Una cepa de <i>C. albicans</i> • Una cepa de <i>Escherichia coli</i> • 1000 g de <i>Pleurotus ostreatus</i> Diseño experimental En este estudio, se realizó con tres repeticiones de cada experimento/ensayo a fin de asegurar la confiabilidad y consistencia de los resultados obtenidos. Análisis estadístico Para el análisis estadístico se procederá con el análisis de varianza ANOVA Y comparación de Tukey para confirmar la significativa.

**UNSCH****FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Flor Maritza ICHACCAYA HUMAREDA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 123-2026-UNSCH-FCB-D**

En la Ciudad de Ayacucho, siendo las cinco y quince de la tarde 5:15pm del día viernes treinta y uno 31 de julio del año dos mil veintiséis 2026, se reunieron los miembros del jurado evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, actuando como presidente encargado el Dr. Serapio Romero Gavilán, con Memorando N°168-2026-UNSCH-FCB con fecha 22 de julio del 2026.

De igual manera actuando como miembros del jurado el Dr. Serapio Romero Gavilán (miembro-jurado), Blgo. Tomas Yuret Miranda Tomasevich (miembro-jurado), Dr. Raúl Antonio Mamani Ayacachi (miembro-jurado), Mg. Katherin Ruth Taco Quispe (miembro-Asesor), actuando como secretaria docente encargada la Mg. María Victoria Vilchez Malca con memorando N°171-2026-UNSCH(IN)-FCB con fecha 22 de julio del 2026, para presenciar la sustentación de tesis titulada: **Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*. Ayacucho-2024**, presentado por la **Bachiller Flor Maritza Ichaccaya Humareda**, el presidente luego de verificar la documentación que da fe a este acto académico, indicó a la secretaria docente encargada a dar lectura. En seguida informa a la sustentante que cuenta con un tiempo de cuarenta y cinco minutos tal como establece en el Reglamento general de Grados y Títulos de la Escuela profesional de Biología, luego invitó a cada uno de los miembros del jurado a participar con sus preguntas y observaciones, terminada la última intervención de los miembros del jurado, el presidente invitó a abandonar el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas, para que el jurado evaluador pueda realizar la deliberación correspondiente tal como se refleja a continuación:

Miembro del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas
Promedio		
Dr. Serapio Romero Gavilán	18	17
Blgo. Tomas Yuret Miranda Tomasevich	17	17
Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi	18	18
PROMEDIO		17

La sustentante alcanzó una nota promedio aprobatoria de diecisiete (17), el presidente invitó a la sustentante y el público asistente ingresar al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el presidente dio a conocer los resultados, indicando que de este modo ah concluido este acto académico.

Firmando al pie de dicho documento en señal de conformidad; siendo las seis y cuarenta 6:40 de la noche del mismo día.

.....

Dr. Serapio Romero Gavilán
(PRESIDENTE-MIEMBRO – JURADO)

.....

Blgo. Tomas Yuret Miranda Tomasevich
(MIEMBRO – JURADO)

.....

Mg. Katherin Ruth Taco Quispe
(MIEMBRO – ASESOR)

.....

Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi
(MIEMBRO – JURADO)

.....

Mg. María Victoria Vilchez Malca
SECRETARIA DOCENTE (e)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

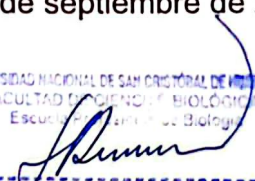
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 46-2026-FCB-D

Yo, SERAPIO ROMERO GAVILÁN, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*. Ayacucho-2024**, por FLOR MARITZA ICHACCAYA HUMAREDA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 14%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 02 de septiembre de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología


Dr. Serapio Romero Gavilán
DIRECTOR

Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Pleurotus ostreatus* frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*. Ayacucho- 2024

por Flor Maritza ICHACCAYA HUMAREDA

Fecha de entrega: 02-sept-2026 04:47p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 3022848075

Nombre del archivo: ICHACCAYA_HUMAREDA-Flor_-pregrado-2026_TURNITIN_PDF.pdf (669.45K)

Total de palabras: 10051

Total de caracteres: 56329

Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de Pleurotus ostreatus frente a Escherichia coli y Candida albicans. Ayacucho-2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	14%	3%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	6%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.unsch.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	tesis.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	www.researchgate.net	1%
	Fuente de Internet	
5	cybertesis.unmsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unjbg.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
8	core.ac.uk	1%
	Fuente de Internet	
9	www.scielo.org.pe	<1%
	Fuente de Internet	
10	repositorio.unapiquitos.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
11	es.wikipedia.org	<1%
	Fuente de Internet	
12	repositorio.ug.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	
13	vdocuments.net	<1%
	Fuente de Internet	

Exclur citas
Exclur bibliografia

Activo
Activo

Exclur coincidencias

< 30 words