

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**



TESIS:

**Eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud,
elaborados con productos amiláceos para el estudio de la
aeromicrología, Ayacucho 2024**

Para optar el grado académico de:
MAESTRA EN CIENCIAS, MENCIÓN MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Maria Victoria VILCHEZ MALCA

ASESOR:

Dr. Serapio ROMERO GAVILÁN

AYACUCHO - PERÚ

2025

A mi amado hijo Andrés Alejandro, quien con su sonrisa ilumina mis días y con su existencia da sentido a cada uno de mis esfuerzos. Esta tesis no es solo un logro académico, sino también el fruto de nuestras jornadas compartidas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus aulas durante la etapa de mi formación profesional.

A la Escuela de Pos Grado, a sus docentes de la especialidad que nos inculcaron en la preparación y formación.

Al laboratorio de Epidemiología y Micología, de la Escuela Profesional de Biología, por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Serapio Romero Gavilán, por brindarme su apoyo y asesoramiento para la elaboración del trabajo de investigación, mi eterna gratitud.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
I. MARCO TEÓRICO	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.1.1. Internacionales	4
1.1.2. Nacionales	6
1.1.3. Regionales	7
1.2. FUNDAMENTO TEÓRICO	7
1.2.1. Agar Sabouraud	7
1.2.2. Fundamento del agar Sabouraud	8
1.2.3. Medios de Cultivo Comerciales	10
1.2.4. Medios de Cultivo Alternativos	10
1.2.5. Breve descripción de los hongos ambientales	11
1.2.6. Composición bioquímica de los productos usados en la preparación de medios de cultivo alternativo	13
1.3. MARCO CONCEPTUAL	17
1.3.1. Eficacia	17
1.3.2. Medio de cultivo alternativo	17
1.3.3. Agar Sabouraud	18
1.3.4. Hongos ambientales	18
II. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Lugar de ejecución del trabajo	19
2.2. Tipo y diseño de investigación	19
2.3. Unidad de análisis	19
2.4. Recolección de datos	19
2.5. Cálculo de la densidad fúngica	20
2.6. Cálculo de la densidad relativa	21
2.7. Análisis estadístico	21
III. RESULTADOS	22
IV. DISCUSIÓN	30
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Número de colonias desarrolladas y UFC/m ³ aire por medio de cultivo.	23
Tabla 2	Densidad relativa (%) de las UFC/m ³ de aire.	24
Tabla 3	Prueba de ANOVA de un solo factor para las UFC/m ³ de aire por medio de cultivo.	25
Tabla 4	Prueba post-hoc de Tukey HSD.	26
Tabla 5	Géneros de hongo desarrollados e identificados por medio de cultivo.	27
Tabla 6	Índice de similitud (Jaccard) entre cada medio alternativo y el agar Sabouraud	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Riqueza fúngica por medio de cultivo empleado	29
Anexo 1 Flujograma del trabajo	46
Anexo 2 Flujograma de la técnica de Microcultivo	47
Anexo 4 Fotografías tomadas durante la realización del trabajo	49
Anexo 5 Observaciones microscópicas de los géneros de hongos identificados.	52

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.	
Anexo 1	Flujograma del trabajo	46
Anexo 2	Flujograma de la técnica de Microcultivo	47
Anexo 3	Preparación de medios de cultivo	48
Anexo 4	Fotografías tomadas durante la realización del trabajo	49
Anexo 5	Observaciones microscópicas de los géneros de hongos identificados	52
Anexo 6	Matriz de consistencia	53

**“EFICACIA DE MEDIOS DE CULTIVO ALTERNATIVOS AL AGAR
SABOURAUD, ELABORADOS CON PRODUCTOS AMILÁCEOS PARA EL
ESTUDIO DE LA AEROMICOLOGÍA, AYACUCHO 2024”**

RESÚMEN

Esta investigación evaluó la eficacia de medios de cultivo alternativos al agar Sabouraud, elaborados con almidones vegetales, para el estudio de hongos en el aire (aeromicología). Se empleó un diseño observacional y transversal en un laboratorio de Microbiología. Los medios alternativos incluyeron agar de yuca, papa, camote, trigo, maíz y cebada. Se expusieron en placas de Petri a 1,5 metros de altura durante 10 minutos, en tres repeticiones, y se incubaron a 25 °C por 72 horas. Se analizaron características macroscópicas y microscópicas, calculando densidad fúngica, densidad relativa e identificación a nivel de género. El agar Sabouraud demostró la mayor eficacia en densidad y diversidad fúngica, reafirmando su rol como estándar. Sin embargo, los medios con almidón de papa y camote mostraron resultados similares al medio patrón, tanto en cantidad de hongos como en diversidad y perfiles ecológicos altamente correlacionados. En contraste, los medios con yuca y maíz presentaron bajo rendimiento en el aislamiento e identificación fúngica, probablemente por su composición poco favorable al crecimiento de hongos. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los medios y permitió concluir que algunos almidones vegetales, especialmente papa y camote, pueden servir como sustitutos parciales del agar Sabouraud en investigaciones ambientales, siempre que se ajusten sus propiedades fisicoquímicas.

Palabras clave. Medios de cultivo alternativo, agar Sabouraud, aeromicología.

**“EFFICACY OF ALTERNATIVE CULTURE MEDIA TO SABOURAUD AGAR,
MADE WITH STARCHY PRODUCTS FOR THE STUDY OF AEROMYCOLOGY,
AYACUCHO 2024”**

SUMMARY

This research evaluated the efficacy of alternative culture media to Sabouraud agar, made with plant starches, for the study of airborne fungi (aeromycology). An observational, cross-sectional design was used in a microbiology laboratory. The alternative media included cassava, potato, sweet potato, wheat, corn, and barley agars. They were exposed to Petri dishes at a height of 1.5 meters for 10 minutes, in three replicates, and incubated at 25°C for 72 hours. Macroscopic and microscopic characteristics were analyzed, calculating fungal density, relative density, and genus identification. Sabouraud agar demonstrated the greatest efficacy in fungal density and diversity, reaffirming its role as a standard. However, media with potato and sweet potato starch showed similar results to the standard medium, both in fungal quantity and diversity and highly correlated ecological profiles. In contrast, media with cassava and corn showed low performance in fungal isolation and identification, probably due to their composition, which is not conducive to fungal growth.

Statistical analysis revealed significant differences between the media and led to the conclusion that some plant starches, especially potato and sweet potato, can serve as partial substitutes for Sabouraud agar in environmental research, provided their physicochemical properties are adjusted.

Keywords: Alternative culture media, Sabouraud agar, aeromycology.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos en medios tradicionales, como el agar Sabouraud, son útiles para la identificación de hongos, pero su elevado costo hace que no sean viables en países económicamente menos desarrollados (Piontelli, 2018). Esta situación obliga a quienes trabajan con medios de cultivo para aislar hongos, a investigar medios de cultivo alternativos elaborados con productos naturales propias de cada región como la papa, camote, yuca, que puedan reemplazar de manera eficiente al agar Sabouraud. Sin embargo, la falta de estudios para probar la efectividad y las características de estos medios naturales en comparación con los medios comerciales, representa un desafío significativo para la micología general y micología aplicada en contextos de bajos recursos (Piontelli, 2018) (Tatián & Richard, 2020).

En respuesta a esta necesidad, el problema de nuestra investigación se centró en evaluar si los medios de cultivo elaborados con subproductos vegetales pueden sustituir con eficiencia a los medios comerciales en el aislamiento de hongos. Si bien es cierto, los pocos estudios preliminares han sugerido su potencial, es necesario investigar para comparar la capacidad de estos medios para favorecer el crecimiento y la identificación de hongos relevantes básicamente desde la óptica de la clínica (Anderson & Cook, 2019). Esto podría no solo reducir costos, sino también mejorar la accesibilidad a diagnósticos micológicos en regiones desfavorecidas, contribuyendo a la salud pública en comunidades rurales (Anderson & Cook, 2019). La búsqueda de medios de cultivo alternativos al agar Sabouraud responde a las restricciones económicas que enfrentan los laboratorios de la región. Ante esta realidad, se plantea el aprovechamiento de recursos locales, particularmente productos

amiláceos como la papa, el camote y la yuca, para elaborar medios más accesibles y sostenibles. El propósito de este estudio es ofrecer una alternativa práctica y eficaz para el aislamiento e identificación de hongos presentes en el aire, fortaleciendo las acciones de vigilancia y control de la calidad del aire en la ciudad de Ayacucho.

El presente estudio se centra en comparar la eficacia de medios de cultivo alternativos elaborados con productos amiláceos respecto al agar Sabouraud, reconocido como el estándar de referencia en micología. La evaluación se orientó a determinar la capacidad de cada medio para permitir el aislamiento y la identificación de hongos procedentes de muestras de aire. Para ello, se analizaron variables como el número y diversidad de hongos aislados, la velocidad de crecimiento y la nitidez de las características morfológicas observadas en las colonias. Cabe precisar que no se contempló el estudio de bacterias ni otros microorganismos, dado que el objetivo se enfocó exclusivamente en el ámbito micológico. Como en toda investigación, este estudio presenta ciertas limitaciones. Una de ellas fue el empleo exclusivo de productos amiláceos específicos como la papa, camote y yuca, dejando fuera otros insumos naturales que podrían explorarse en futuras investigaciones. Asimismo, el trabajo se desarrolló durante un periodo particular, coincidente con la temporada de friaje, y en un contexto geográfico delimitado, la ciudad de Ayacucho. Por ello, los resultados no necesariamente pueden extrapolarse a otras zonas o condiciones climáticas. Tampoco se incluyó la comparación de costos entre los medios alternativos y el agar Sabouraud; si bien este aspecto reviste importancia práctica, se consideró fuera del alcance del presente estudio. Finalmente, se asumió que la preparación de los medios de cultivo se realizó bajo condiciones controladas y que la recolección de las muestras de aire siguió procedimientos estandarizados.

La pregunta de investigación que se pretendió dar respuesta fue, ¿Cuál es la eficacia de medios de cultivo elaborados con productos amiláceos como alternativa al agar Sabouraud, para el aislamiento de hongos ambientales, Ayacucho 2024? y los objetivos fueron:

Objetivo general

Evaluar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicología, Ayacucho 2024.

Objetivos específicos

1. Determinar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con almidón de yuca para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024.
2. Determinar la eficacia del agar camote como medio de cultivo alternativo al agar Sabouraud para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024.
3. Determinar la eficacia del agar cebada como medio de cultivo alternativo al agar Sabouraud para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024.
4. Determinar la eficacia del agar trigo como medio de cultivo alternativo al agar Sabouraud para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024.
5. Determinar la eficacia del agar maíz como medio de cultivo alternativo al agar Sabouraud para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024.
6. Determinar la eficacia del agar papa como medio de cultivo alternativo al agar Sabouraud para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024.

CAPITULO I

I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacionales

Montoya et al., (2024), en un estudio para identificar fenotípica y molecularmente de muestras clínicas y ambientales aislamientos de *Fusarium spp.*, los autores se propusieron identificar 116 cepas pertenecientes a este género, obtenidas tanto de muestras clínicas (n = 84) como ambientales (n = 32), mediante la aplicación de metodologías fenotípicas y moleculares. Para tal fin, emplearon diversos medios de cultivo como el agar Sabouraud dextrosa, agar papa dextrosa, agar avena, agar *Spezieller Nährstoffarmer* y agar agua, evaluando en ellos las características macro y micromorfológicas de las colonias. La identificación molecular lo realizaron mediante la amplificación y secuenciación de las regiones ITS, TEF1- α , RPB2 y calmodulina. Los resultados mostraron que únicamente 39 cepas pudieron clasificarse mediante criterios fenotípicos, mientras que los 77 restantes requirieron métodos moleculares para su identificación, lograron reconocer un total de 26 especies agrupadas en nueve complejos, entre los que destacaron *Fusarium solani*, *F. fujikuroi* y *F. oxysporum* como los más frecuentes. Los autores concluyeron que las técnicas fenotípicas presentan limitaciones, especialmente por la baja producción de estructuras en determinados medios de cultivo, subrayando la necesidad de complementar el análisis con herramientas moleculares para lograr una identificación precisa de cepas tanto ambientales como clínicas.

García et al., (2014) en un estudio desarrollado en un parque de vegetación secundaria ubicado en Macuspana, Tabasco, recolectaron insectos silvestres que presentaban crecimiento fúngico externo durante diferentes épocas del

año. A partir de estas colectas lograron aislar cuatro cepas de *Beauveria bassiana* y ocho de *Metarhizium anisopliae*, empleando los medios Papa Dextrosa Agar (PDA) y Sabouraud Dextrosa Agar (SDA) suplementado con extracto de levadura, los cuales se incubaron a temperaturas comprendidas entre 20 °C y 25 °C. Las cepas obtenidas caracterizaron considerando rasgos macroscópicos y microscópicos, tales como la coloración, la velocidad de crecimiento, la morfología de los conidios y la estructura de las células conidiógenas. Los resultados mostraron que *M. anisopliae* presentó una mayor estabilidad frente a las variaciones ambientales, mientras que *B. bassiana* predominó en condiciones de mayor humedad. Ambas especies fueron señaladas como potenciales agentes de control biológico contra mosquitos vectores del dengue; sin embargo, los autores enfatizaron la necesidad de realizar estudios adicionales que evalúen su patogenicidad y especificidad antes de considerar su aplicación a nivel de campo.

Toro & Goya, (2023), identificaron los hongos filamentosos aislados de lodos primarios, provenientes del tratamiento de aguas residuales en una planta procesadora de atún de Guayaquil. El estudio se llevó a cabo en esta planta, describiendo los procesos y equipos utilizados, con un enfoque específico en los lodos primarios y los microorganismos comunes en este ambiente. La metodología empleada incluyó procesos fisicoquímicos para analizar el microambiente de los hongos, así como métodos microbiológicos como la selectividad del medio de cultivo, aislamiento, purificación, identificación macroscópica, caracterización microscópica y ensayos de adaptabilidad según el tiempo y el tipo de medio de cultivo. Los resultados fisicoquímicos sirvieron para definir el medio de cultivo ideal para el aislamiento, identificando una variedad de hongos, entre ellos *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* y *Trichoderma*. Además, se estudió el crecimiento micelial de *Aureobasidium* y *Geotrichum* debido a su tolerancia a diversas condiciones, utilizando análisis estadísticos como Shapiro-Wilk y Kruskal-Wallis.

Cazorla & Morales, (2019), en un estudio experimental realizado *in vitro*, se evaluó el efecto de distintos medios de cultivo sólidos sobre la germinación de conidios pertenecientes a trece aislamientos de *Beauveria bassiana*, un hongo entomopatógeno de *Rhodnius prolixus*. Los medios ensayados incluyeron Agar Sabouraud (AS), Agar Agua (AW), Medio Mínimo (MM), entre otros formulados. La germinación se analizó transcurridas 24 horas de incubación a

26 °C y bajo condiciones de alta humedad relativa (>90%). Los resultados evidenciaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) tanto entre los medios de cultivo como entre los aislamientos, en relación con los porcentajes promedio de germinación. Los mayores valores de germinación (90–100 %) se observaron en medios como AS, AL, AA, ALI, AI, AOB y AAR, mientras que el Medio Mínimo (MM) presentó los porcentajes más bajos (3,8–38,5 %). Además, se constató una variabilidad entre aislamientos en los diferentes medios, destacando que, aun en un medio con bajo contenido de nutrientes como AW, algunos aislamientos alcanzaron el 100 % de germinación. En conjunto, los hallazgos confirman que la composición del medio de cultivo influye de manera significativa en la capacidad germinativa de los aislamientos de *B. bassiana*.

Zárate et al. (2015), diversos autores señalan que ciertos hongos pueden actuar como alérgenos y que concentraciones superiores a 2 000 UFC/m³ representan un factor de riesgo para la salud humana. En este contexto, desarrollaron una investigación cuyo propósito fue aislar esporas de hongos con potencial alérgico en la biblioteca de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Para ello, realizaron el muestreo del aire en 20 áreas distintas, utilizando un muestreador Andersen de seis niveles y placas Petri con agar Sabouraud como medio de cultivo. En total, se aislaron 787 colonias, de las cuales el 90,34 % correspondió a hongos filamentosos y el 9,66 % a levaduras. Los géneros más frecuentes fueron *Cladosporium* spp. (52,99 %) y *Penicillium* spp. (13,34 %). Durante el estudio, la temperatura promedio registrada fue de 24°C y la humedad relativa del 50%. Los autores concluyeron que la concentración de esporas encontrada se mantuvo dentro de los límites aceptables de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³).

1.1.2. Nacionales

Ramos & Meza, (2017), desarrollaron un estudio aeromicológico con el propósito de evaluar la influencia de determinados factores meteorológicos sobre la concentración total de esporas fúngicas en el ambiente de la Plaza San Martín, en la ciudad de Lima. Para la recolección de las muestras emplearon el método volumétrico por impactación, utilizando un muestreador tipo Andersen con placas que contenían agar Sabouraud como medio de cultivo. Los resultados mostraron que las mayores concentraciones de esporas

se registraron en los meses de marzo y septiembre, mientras que los valores más bajos se observaron en julio y agosto. Los géneros predominantes durante todo el periodo de estudio fueron *Cladosporium*, *Penicillium* y *Aspergillus*, los cuales representaron en conjunto el 82 % del total de esporas aisladas. El análisis estadístico reveló una correlación positiva significativa ($p < 0,05$) entre la concentración total de esporas y la temperatura, así como con el índice ultravioleta (UV). En contraste, la humedad relativa mostró una correlación negativa significativa ($p < 0,05$). Además, se identificó una correlación positiva con la velocidad del viento, con un nivel de significancia de $p < 0,01$. Estos hallazgos evidencian que las variaciones meteorológicas ejercen una influencia determinante en la distribución y abundancia de las esporas fúngicas en el aire.

1.1.3. Regionales

Vasquez, (2018), con el propósito de describir la contaminación fúngica presente en el aire de bibliotecas y museos de la ciudad de Ayacucho, entre los meses de junio y septiembre de 2017, llevó a cabo un estudio descriptivo empleando el método gravimétrico de sedimentación propuesto por Omeliansky. Las muestras fueron recolectadas en placas con agar Sabouraud e incubadas a 25 °C durante una semana en el Laboratorio de Epidemiología y Micología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. La identificación de los hongos realizó a partir de la observación de sus características macroscópicas y microscópicas, siguiendo la clave taxonómica de Weendlan. Logró identificar siete géneros de hongos, destacando *Aspergillus* como el más frecuente, con un 49 % del total de colonias. La Biblioteca Central de la UNSCH registró la mayor concentración de esporas, alcanzando 960 UFC/m³, seguida del Museo de Arqueología y el Archivo Central, con 560 UFC/m³. Los niveles de contaminación variaron de altos a bajos según el establecimiento evaluado, concluyéndose la presencia de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Geotrichum* y *Rhizopus* en el ambiente interior de estos espacios culturales.

1.2. Fundamento teórico

1.2.1. Agar Sabouraud

El agar Sabouraud, también denominado agar dextrosa Sabouraud, es un medio de cultivo sólido diseñado para favorecer el crecimiento y aislamiento de hongos, especialmente levaduras, mohos y dermatofitos. Su empleo resulta esencial en el estudio de hongos patógenos y oportunistas, tanto en muestras

clínicas como en muestras ambientales o de otro tipo. Además, este medio puede utilizarse para el desarrollo de bacterias filamentosas de los géneros *Streptomyces* y *Nocardia*. El uso del agar Sabouraud se ha extendido ampliamente en la micología humana, animal, vegetal e incluso en la industria, por su eficacia y versatilidad. Fue formulado en 1896 por el médico francés Raimond Sabouraud, reconocido por sus investigaciones sobre enfermedades del cuero cabelludo causadas por dermatofitos. Su aporte resultó trascendental en la microbiología, y aunque el medio ha sufrido algunas modificaciones a lo largo del tiempo, continúa siendo una herramienta fundamental en los laboratorios de micología de todo el mundo (Murray et al., 2015).

En cuanto a su composición, el agar Sabouraud original contiene peptona, dextrosa y agar, ajustados a un pH ligeramente ácido (alrededor de 5.6), condición que inhibe el crecimiento bacteriano y favorece el desarrollo fúngico. La peptona aporta las fuentes de nitrógeno, aminoácidos y vitaminas necesarias para el metabolismo del hongo, mientras que la dextrosa actúa como fuente de carbono y energía. El agar, por su parte, cumple la función de agente solidificante. En versiones modificadas del medio se añaden antibióticos como cloranfenicol, gentamicina o cicloheximida, que aumentan su selectividad frente a bacterias y mohos saprófitos no deseados. Esta formulación, simple pero eficaz, ha demostrado ser altamente confiable para el aislamiento primario y la observación morfológica de colonias fúngicas. Su capacidad para mantener las características típicas de textura, pigmentación y esporulación de los hongos lo convierte en un medio de referencia para la identificación taxonómica y la evaluación de la contaminación ambiental por esporas (Murray et al., 2015).

1.2.2. Fundamento del agar Sabouraud

El agar dextrosa Sabouraud es un medio de cultivo que, en su formulación original, presenta una débil selectividad debido a su pH ligeramente ácido (5.6 ± 0.2). No obstante, bajo condiciones de incubación prolongada, algunas bacterias pueden llegar a desarrollarse.

El medio contiene peptona de caseína y digerido pancreático de tejido animal, los cuales proporcionan las fuentes esenciales de carbono y nitrógeno necesarias para el crecimiento microbiano. Asimismo, posee una alta concentración de glucosa que actúa como fuente de energía, favoreciendo el

desarrollo de hongos por encima de las bacterias. Todos estos componentes se mezclan con agar-agar, que le confiere la consistencia sólida característica. Cuando se adicionan antibióticos, el agar dextrosa Sabouraud adquiere propiedades selectivas, siendo especialmente útil en el cultivo de muestras procedentes de heridas, úlceras abiertas u otras en las que se sospeche contaminación bacteriana. Combinaciones más utilizadas de agar dextrosa Sabouraud con antibióticos:

- **Agar Sabouraud con cloranfenicol**, permite la recuperación de levaduras y hongos filamentosos, inhibiendo en buena medida el desarrollo bacteriano.
- **Agar Sabouraud con gentamicina y cloranfenicol**, favorece el crecimiento de la mayoría de los hongos filamentosos y levaduras, inhibiendo a su vez numerosas bacterias, entre ellas enterobacterias, *Pseudomonas* y *Staphylococcus*.
- **Agar Sabouraud con cycloheximide**, es de especial utilidad en muestras provenientes de piel o del tracto respiratorio cuando se sospecha la presencia de hongos dimórficos. Sin embargo, la cycloheximide debe emplearse con precaución, ya que, aunque inhibe el crecimiento de hongos y levaduras no patógenas o ambientales que podrían contaminar una muestra, también puede afectar a especies patógenas u oportunistas como *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus fumigatus*, *Allescheria boydii*, *Penicillium* spp. y otros hongos oportunistas.
- **Agar Sabouraud con cloranfenicol y cycloheximide**, se utiliza principalmente para el aislamiento de dermatofitos y hongos dimórficos. Su limitación radica en que inhibe el crecimiento de algunos hongos oportunistas como *Candida albicans*, *Aspergillus*, zigomicetos y *C. neoformans*.
- **Agar Sabouraud con cloranfenicol, estreptomina, penicilina G y cycloheximide**, resulta ideal para muestras altamente contaminadas con bacterias y hongos saprófitos, aunque inhibe el desarrollo de *Actinomyces*, *Nocardia* y otros hongos oportunistas previamente mencionados.

En el campo de la micología, la selección adecuada del medio de cultivo es un aspecto fundamental para garantizar el aislamiento y la identificación precisa de hongos filamentosos y levaduras. A continuación, se describen los medios

de cultivo comerciales más comunes, así como alternativas elaboradas con ingredientes amiláceos de origen natural (Murray et al., 2015) (Larone, 2018).

1.2.3. Medios de Cultivo Comerciales (Murray et al., 2015)

- **Agar Sabouraud Dextrosa (SDA)**

El agar Sabouraud es uno de los medios de cultivo más empleados para el aislamiento de hongos filamentosos y levaduras. Fue formulado originalmente por el médico francés Raymond Sabouraud en 1892, quien buscaba un medio que favoreciera el desarrollo de dermatofitos y otros hongos patógenos. Su composición básica incluye peptona y dextrosa, componentes que proporcionan las fuentes necesarias de nitrógeno y carbono para el crecimiento de una amplia variedad de hongos. El pH ligeramente ácido (alrededor de 5.6) actúa como un agente selectivo al inhibir el crecimiento de la mayoría de las bacterias, sin interferir con el desarrollo fúngico.

- **Agar Mycosel (Agar Sabouraud con cloranfenicol y cicloheximida)**

El agar Mycosel es una variante selectiva del agar Sabouraud, formulada con la adición de antibióticos como el cloranfenicol y la cicloheximida, los cuales inhiben el crecimiento de bacterias y hongos saprófitos. Gracias a esta composición, el medio favorece el aislamiento de hongos patógenos, especialmente en muestras clínicas en las que la presencia de contaminantes microbianos podría dificultar la identificación del agente causal.

- **Agar Cromogénico (ChromAgar *Candida*)**

Este tipo de medio cromogénico está diseñado para facilitar el aislamiento e identificación de especies del género *Candida*. Su composición incluye sustratos que reaccionan de manera diferencial con las enzimas producidas por cada especie, generando colonias de distintos colores. De esta forma, *Candida albicans* suele desarrollar colonias de tonalidad verde, mientras que *Candida tropicalis* produce colonias con un matiz azuláceo o marrón.

1.2.4. Medios de Cultivo Alternativos

Elaborados con Ingredientes Amiláceos

- **Agar de Papa (PDA - Potato Dextrose Agar)**

Este medio se elabora con extracto de papa y dextrosa, proporcionando un ambiente rico en nutrientes que favorece el crecimiento de hongos

filamentosos y levaduras. El agar de papa es ampliamente utilizado tanto en investigaciones micológicas como en aplicaciones industriales. Puede ser preparado de manera casera utilizando papas frescas hervidas y filtradas, a las que se añade dextrosa y agar-agar.

- **Agar de Camote (Sweet Potato Agar)**

El agar de camote es un medio alternativo que se prepara con extracto de camote. El camote proporciona carbohidratos y otros nutrientes esenciales para el crecimiento fúngico. Este medio es particularmente útil en contextos donde se busca una opción económica y localmente accesible para el aislamiento de hongos.

- **Agar de Yuca (Cassava Agar)**

La yuca, rica en carbohidratos, se puede utilizar para preparar un medio alternativo conocido como agar de yuca. Este medio es especialmente valioso en regiones donde la yuca es un cultivo común, ofreciendo una opción accesible para el aislamiento de hongos filamentosos y levaduras en entornos con recursos limitados (Onyeka, 2014).

- **Agar de Quinoa (Quinoa Agar)**

La quinoa, conocida por su alto valor nutritivo, también se puede utilizar como base para un medio de cultivo. Este medio puede favorecer el crecimiento de una amplia variedad de hongos, gracias a la diversidad de nutrientes presentes en la quinoa. Es un medio alternativo valioso para estudios micológicos en áreas donde la quinoa es un cultivo prevalente (Odds & Bernaerts, 1994)(Stevenson et al., 2006) (FAO, 2013).

1.2.5. Breve descripción de los hongos ambientales y su importancia en la salud.

Los hongos presentes en el ambiente cumplen funciones esenciales dentro de los ecosistemas naturales, ya que participan activamente en la descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes. Estos microorganismos pueden encontrarse en distintos hábitats, como el suelo, las plantas o el aire, influyendo tanto en la dinámica ecológica como en la calidad ambiental. Las esporas que liberan suelen mantenerse suspendidas en el aire y, al ser inhaladas por las personas, pueden ocasionar reacciones alérgicas o, en algunos casos, infecciones del tracto respiratorio. Según Klich, (2002), los hongos del género *Aspergillus*, ampliamente distribuidos en el ambiente, son conocidos por su capacidad

para crecer en diversas condiciones climáticas y por su relevancia en la patogenicidad en humanos.

Como principales géneros de hongos ambientales estudiados se incluyen, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Alternaria*. *Aspergillus* es un género con especies como *Aspergillus fumigatus*, un patógeno oportunista con capacidad para causar aspergilosis, especialmente en personas con sistemas inmunológicos comprometidos (Latgé, 1999). *Penicillium* es un género conocido por su capacidad para producir micotoxinas y ser productor de la penicilina, un antibiótico que ha salvado muchas vidas. Es un género que se encuentra en ambientes interiores y exteriores, presentando una amplia variedad de especies que pueden afectar la salud humana (Pitt, 2000). Por su parte, *Cladosporium* es uno de los tantos géneros comunes que se encuentran en el aire, tiene esporas que son una causa frecuente de alergias respiratorias (Bensch et al., 2012). Finalmente, *Alternaria* es otro género importante con especies alérgicas como *Alternaria alternata*, la misma que está asociada a enfermedades respiratorias como el asma (Thomma, 2003).

En las últimas décadas, la incidencia de infecciones fúngicas ha aumentado significativamente, impulsada por el incremento de pacientes con factores predisponentes. Tanto el diagnóstico como el tratamiento de estas infecciones siguen siendo un desafío para los profesionales de la salud. Aunque *Candida*, *Aspergillus* y *Cryptococcus* siguen siendo los géneros más comunes, han surgido especies que antes no se consideraban patógenas para los seres humanos. En este contexto, un diagnóstico preciso y oportuno es crucial para establecer un tratamiento eficaz y reducir la morbilidad y mortalidad asociadas, especialmente en pacientes inmunocomprometidos. Esta revisión tiene como objetivo proporcionar una visión general de los aspectos clínicos y epidemiológicos de las infecciones fúngicas más frecuentes, con un enfoque particular en los métodos de diagnóstico. Se exploran tanto los métodos convencionales como las técnicas moleculares emergentes, en busca de una prueba estándar que supere en sensibilidad, especificidad, rapidez y costo-efectividad a los métodos actuales de diagnóstico micológico (Tangarife et al., 2015).

Las infecciones fúngicas invasoras (EFI) ocasionadas por hongos filamentosos, son una causa frecuente de morbilidad y mortalidad en pacientes inmunocomprometidos Cruz, 2014, citado por (Estrada & Ramírez, 2019). Las infecciones fúngicas invasoras se presentan con mayor frecuencia en pacientes oncohematológicos que cursan con neutropenia, particularmente en aquellos diagnosticados con leucemia mieloide aguda. No obstante, otros grupos también muestran una alta susceptibilidad, como los receptores de trasplantes de órganos sólidos o de células progenitoras hematopoyéticas, los individuos con enfermedad injerto contra huésped, trastornos granulomatosos o infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH/SIDA). Entre los agentes etiológicos, el género *Aspergillus* destaca como el principal responsable, siendo *A. fumigatus* la especie más comúnmente implicada. Sin embargo, se han identificado también casos provocados por *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus* y *A. nidulans*, además de hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Scedosporium* y mucormicetos. Estas infecciones suelen localizarse en los pulmones y senos paranasales, aunque pueden comprometer otros órganos, como la piel y el sistema nervioso central, e incluso presentarse en forma diseminada Cruz, 2014, citado por (Estrada & Ramírez, 2019). *Aspergillus* se encuentra ampliamente en la naturaleza y sus conidios, debido a su tamaño y facilidad de dispersión, pueden permanecer en suspensión en el aire durante largos períodos, exponiendo constantemente al ser humano a su inhalación (Estrada & Ramírez, 2019).

1.2.6. Composición bioquímica de los productos usados en la preparación de medios de cultivo alternativo.

- **Papa**

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es un alimento mucho más interesante de lo que parece a simple vista. Desde el punto de vista bioquímico, está compuesta principalmente por agua, que representa cerca del 80% de su peso, y por carbohidratos complejos, sobre todo almidón, que aporta alrededor del 17%. Este almidón constituye su principal reserva energética y, dependiendo del tipo de cocción o enfriamiento, puede transformarse parcialmente en almidón resistente, un componente con efecto prebiótico que favorece la salud intestinal. Aunque su contenido en proteínas no es alto (alrededor del 2%), la papa tiene una calidad proteica

notable: contiene todos los aminoácidos esenciales y se digiere con facilidad. Su valor biológico es incluso comparable al de las proteínas de la soya, algo poco común entre los vegetales. En cuanto a grasas, su cantidad es mínima, lo que la convierte en un alimento bajo en lípidos y colesterol. En el aspecto de micronutrientes, la papa destaca por su aporte de vitamina C, que suele perderse en parte al cocinarse, y por contener varias vitaminas del complejo B como la B6 y el ácido fólico. También es una buena fuente de potasio, fósforo y magnesio, minerales que participan en la regulación del equilibrio osmótico, la función muscular y el metabolismo energético. Además, contiene pequeñas pero importantes cantidades de compuestos fenólicos (como el ácido clorogénico y la quercetina) y carotenoides (como la luteína), que actúan como antioxidantes naturales y contribuyen a neutralizar radicales libres en el organismo (Camire et al., 2009).

- **Camote**

El camote (*Ipomoea batatas L.*) presenta una composición química que lo convierte en un sustrato adecuado para el desarrollo de medios de cultivo naturales utilizados en el aislamiento y crecimiento de hongos. De acuerdo con Woolfe, (1992), la raíz fresca contiene entre 70 y 80 % de agua, además de una fracción sólida rica en carbohidratos (20–27 g/100 g), principalmente almidón y azúcares reductores (glucosa, fructosa y sacarosa). Estos compuestos aportan una fuente energética fácilmente asimilable para el metabolismo fúngico. Su contenido proteico es moderado, entre 1.5 y 2 g/100 g, lo que contribuye a la disponibilidad de nitrógeno orgánico, aminoácidos y péptidos útiles para la biosíntesis de enzimas extracelulares en hongos filamentosos. El contenido de grasas (<0.3 g/100 g) es mínimo, por lo que no interfiere con la textura ni con la homogeneidad del medio. Además, el camote aporta minerales esenciales como potasio, fósforo, magnesio y calcio, que participan en procesos enzimáticos y en la regulación osmótica de las células fúngicas. Su proporción de fibra (2–3 g/100 g) y su matriz amilácea gelatinizable permiten obtener medios con buena consistencia y capacidad de retención de humedad, favoreciendo la germinación de esporas y el crecimiento radial del micelio. Por su equilibrio entre carbohidratos, proteínas y minerales, Woolfe considera al camote un recurso natural

versátil que puede emplearse como base nutritiva alternativa o complementaria en medios de cultivo micológicos, especialmente en contextos donde se busca reducir costos o evitar fuentes sintéticas.

- **Yuca**

De acuerdo con Borku, (2025) la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) representa una de las raíces más importantes en regiones tropicales, no solo por su contribución a la seguridad alimentaria, sino también por su valor nutricional y potencial biotecnológico. En cuanto a la composición química la yuca se caracteriza principalmente por un alto contenido de carbohidratos, que puede superar el 80% del peso seco, destacando la presencia de almidones fácilmente asimilables. Las proteínas, aunque en proporción menor (1.0–2.5%), contienen aminoácidos esenciales como lisina y metionina, lo que amplía su aplicabilidad como fuente de nitrógeno en formulaciones biológicas o medios de cultivo. El tubérculo aporta además una cantidad moderada de minerales, entre ellos calcio, fósforo, potasio y magnesio, así como trazas de hierro y zinc. En cuanto a las vitaminas, se reportan principalmente vitamina C y algunas del complejo B (niacina, tiamina y riboflavina). Aunque su bajo contenido proteico limita su valor nutricional directo, esta simplicidad composicional resulta ventajosa para su uso experimental, ya que ofrece una matriz rica en azúcares fermentables y escasa en inhibidores metabólicos. Por su balance entre almidones, minerales y vitaminas, la yuca puede considerarse un sustrato natural idóneo para el preparado de medios de cultivo destinados al aislamiento y crecimiento de hongos, en particular especies filamentosas, que prosperan en ambientes ricos en carbohidratos y bajos en compuestos nitrogenados complejos.

- **Maíz**

El maíz (*Zea mays L.*) constituye uno de los cereales más relevantes a nivel mundial tanto por su función alimentaria como por su potencial biotecnológico. Según Nuss & Tanumihardjo, (2010), su composición se caracteriza por un alto contenido de carbohidratos (70–75%), mayoritariamente almidón, que lo convierte en una fuente ideal de energía y carbono para el desarrollo microbiano. Las proteínas representan entre 8 y 11%, predominando las zeínas, que aportan aminoácidos sulfurados y nitrógeno orgánico utilizable. El contenido graso, en torno al 4–5%,

incluye principalmente ácidos grasos insaturados, los cuales contribuyen a la estabilidad metabólica de cultivos fúngicos. En el plano mineral, el maíz contiene fósforo, potasio, magnesio, hierro y zinc, junto con vitaminas del complejo B tiamina, riboflavina y niacina, que favorecen el metabolismo energético y enzimático. Por su equilibrio bioquímico, el maíz puede aprovecharse como base de medios naturales de cultivo, proporcionando un sustrato rico en carbohidratos y nutrientes esenciales que favorecen la germinación de esporas y el crecimiento micelial de diversas especies de hongos. Su matriz amilácea permite además obtener medios con consistencia y claridad adecuadas para la observación microscópica.

- **Trigo**

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es uno de los granos más estudiados por su relevancia nutricional y por la calidad bioquímica de sus componentes. Según (Shewry & Hey, 2015), su estructura química está dominada por carbohidratos (65–70%), principalmente almidón, lo que lo convierte en una fuente de carbono ideal para el metabolismo microbiano. Las proteínas representan entre 10 y 15% del grano, siendo ricas en gluteninas y gliadinas, que aportan aminoácidos esenciales y nitrógeno orgánico fácilmente asimilable. En medios biológicos, estos compuestos pueden favorecer el crecimiento de hongos que requieren fuentes mixtas de carbono y nitrógeno. El contenido lipídico del trigo (1.5–2%) se concentra en el germen y está compuesto mayormente por ácidos grasos insaturados. Además, aporta minerales como fósforo, magnesio, zinc y hierro, junto con vitaminas del complejo B tiamina, niacina y riboflavina, que actúan como cofactores enzimáticos. Por su composición balanceada, el trigo puede emplearse como base para medios de cultivo naturales, en particular para el aislamiento y propagación de hongos filamentosos. Su matriz amilácea facilita la gelatinización del medio y su fracción proteica aporta un soporte nutritivo estable para el desarrollo micelial sostenido.

- **Cebada**

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es uno de los cereales más antiguos y versátiles, valorado tanto por su uso alimentario como por su potencial en biotecnología. Según Baik & Ullrich, (2008), su composición química está dominada por carbohidratos (60–65%), principalmente almidón y β -

glucanos, polisacáridos que aportan viscosidad y capacidad de retención de agua, cualidades apreciadas en la preparación de medios de cultivo. Las proteínas constituyen entre 10 y 12% del grano, con fracciones como hordeínas, glutelinas y albúminas, que aportan aminoácidos esenciales y nitrógeno orgánico, útiles para el metabolismo de hongos y otros microorganismos. Su contenido lipídico es bajo (1.5–2%), predominando los ácidos grasos insaturados, mientras que los minerales más abundantes son potasio, fósforo, magnesio y hierro. Además, la cebada contiene vitaminas del complejo B, especialmente niacina y piridoxina, que actúan como cofactores metabólicos. Por esta combinación equilibrada de carbohidratos, proteínas y micronutrientes, la cebada puede emplearse como base para medios naturales de cultivo micológico, ya que su extracto favorece la germinación de esporas y el crecimiento micelial sostenido.

1.3. Marco Conceptual

1.3.1. Eficacia

El término hace referencia al grado en que un tratamiento, intervención o estrategia logra el efecto deseado cuando se aplica en condiciones controladas y óptimas, como las que se establecen en los ensayos clínicos aleatorizados. Representa un concepto fundamental en la investigación clínica, pues permite determinar si una intervención es realmente efectiva en un contexto ideal antes de su implementación en la práctica médica habitual (Fletcher, R. H., & Fletcher, 2014). Rojas et al., (2018) citan a la RAE (2001) donde se define a la eficacia como la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera y a Fernández Ríos y Sánchez, (1997), quienes definen como la capacidad de una organización para lograr los objetivos, tomando en cuenta siempre la eficiencia y los factores del entorno.

1.3.2. Medio de cultivo alternativo

Se denomina medio de cultivo alternativo a aquel elaborado con componentes distintos a los utilizados en las formulaciones convencionales. Su desarrollo busca, por lo general, disminuir los costos de producción, aprovechar recursos disponibles en el entorno o facilitar el trabajo microbiológico en contextos donde los medios comerciales resultan inaccesibles. Este tipo de medios puede incorporar extractos

vegetales, subproductos agrícolas o derivados alimentarios que aportan los nutrientes indispensables para el crecimiento y mantenimiento de microorganismos específicos, como hongos, bacterias o levaduras (Schulz, B., & Boyle, 2005).

1.3.3. Agar Sabouraud

Se trata de un medio de cultivo de uso extendido en el aislamiento de hongos procedentes de diferentes fuentes. Su composición favorece tanto el desarrollo como la conservación de los cultivos en tubos inclinados. Gracias a los nutrientes que contiene, los hongos crecen con abundancia y generan esporas de manera eficiente. Si bien constituye el medio de referencia para observar las características morfológicas propias de cada especie, no siempre ofrece las condiciones ideales para un crecimiento máximo ni para el estudio detallado de la esporulación (Cañedo & Ames, 2004) (González et al., 2020).

1.3.4. Hongos ambientales

Son especies de hongos que utilizan el aire para transportarse, bajo la forma de propágulo fúngico (hifa o spora). Según (Bonifaz, 2012), estos hongos representan un problema significativo, ya que pueden contaminar de forma saprofítica diversas muestras biológicas, generando confusión en la interpretación de los análisis rutinarios. Algunas especies actúan como patógenos oportunistas en individuos susceptibles o inmunocomprometidos, adoptando un comportamiento infeccioso bajo determinadas condiciones. Otras, al dispersarse en forma de esporas, pueden comportarse como potentes alérgenos y provocar reacciones de hipersensibilidad en personas expuestas.

CAPÍTULO II

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución del trabajo

El trabajo de investigación se ejecutó en el laboratorio de Micología y Epidemiología de la Especialidad de Microbiología, de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicada en la ciudad universitaria de la calle Independencia S/N°-Ayacucho-Huamanga-Perú (Gob.pe, 2025).

2.2. Tipo y diseño de investigación

Según Londoño, (2014), la investigación corresponde a un tipo observacional con un diseño transversal, debido a que el investigador no manipula variable alguna y los datos son recolectados en un solo momento del tiempo.

2.3. Unidad de análisis

Un ambiente del laboratorio de la especialidad de Microbiología-Escuela Profesional de Biología-Facultad de Ciencias Biológicas.

2.4. Recolección de datos

Muestreo microbiológico del aire por el método gravimétrico de Omeliansky

- El muestreo se realizó en el Laboratorio de Epidemiología y Micología.
- Se estableció como punto de muestreo el centro del laboratorio de acuerdo con lo indicado por Sanchis- Solera citado por (Molina & Borrego, 2017).
- Se expusieron las placas Petri abiertas, conteniendo:
 - ✓ Agar de yuca

- ✓ Agar de papa
- ✓ Agar de camote
- ✓ Agar de trigo
- ✓ Agar de maíz
- ✓ Agar de cebada
- ✓ Agar Sabouraud-medio de comparación, a una altura de 1,5 mt por espacio de 10 minutos.
- El paso anterior se repitió hasta por dos veces cada tres días.
- Las placas Petri, se incubaron a 25 °C por 72 horas.
- Transcurrido ese tiempo, se realizó el reconocimiento de las características macroscópicas de las colonias y se hizo el recuento del número de colonias crecidas.
- Se aislaron las colonias representativas a cada género en tubos conteniendo el agar Sabouraud.
- El reconocimiento de las características microscópicas se realizó a través de la técnica de observación directa con cinta adhesiva y por microcultivo (Zurita & Urcia, 2017) .
- Se calcularon: las unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³) y la densidad relativa de los géneros identificados macroscópicamente.

2.5. Cálculo de la densidad fúngica

Finalizado el periodo de incubación de las placas, se procedió al recuento de las colonias fúngicas desarrolladas en los respectivos medios de cultivo. A partir de estos datos, se calculó la concentración de unidades formadoras de colonia por metro cúbico de aire (UFC/m³), utilizando la fórmula propuesta por Omeliansky (Borrego et al., 2011) . El cálculo se basó en multiplicar el promedio de colonias detectadas por depósito por un coeficiente de corrección (K), cuyo valor depende del diámetro de la placa utilizada: un factor de 100 para placas de 8 cm y de 80 para aquellas de 9 cm, que fueron las dimensiones seleccionadas en los muestreos realizados, la formula fue la siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de UFC/m}^3 \text{ de aire} = \text{Número de colonias} \times \text{factor } K$$

Donde:

Número de colonias, equivale al promedio total de las colonias que se contabiliza por depósito

Factor K, en un caso es igual a 100 y en otro igual a 80, pues son los factores que se emplean para placas Petri de 8 y 9 cm de diámetro, respectivamente, que fueron las usadas en los muestreos.

2.6. Cálculo de la densidad relativa

Se calculó aplicando la fórmula siguiente: (Smith, 1980)

$$DR = \frac{N^{\circ} \text{ colonias género hongo}}{N^{\circ} \text{ total de colonias de hongo}} \times 100$$

2.7. Análisis estadístico

Los datos fueron almacenados y organizados en hojas de Microsoft Excel, para elaborar tablas y gráficos, según corresponda (Wayne, 1991). Se usaron las fórmulas propuestas por Omeliansky para hacer cálculos del número de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³) y la densidad relativa, la prueba de ANOVA para ver la varianza entre medios de cultivo, índice de Jaccard para ver la similitud entre medios de cultivo y Tukey para analizar las diferencias de eficacia entre medios de cultivo.

CAPÍTULO III

III. RESULTADOS

Tabla 1. Número de colonias desarrolladas y UFC/m³ aire por medio de cultivo.

Medio de cultivo	Numero de colonias desarrolladas de aire)				
	1era lectura	2da lectura	3era lectura	Promedio	UFC/m ³ aire
Agar Sabouraud	9	8	9	8,7	693,3
Agar de maíz	4	5	5	4,7	373,3
Agar de cebada	3	4	4	3,7	293,3
Agar de yuca	3	2	3	2,7	213,3
Agar de papa	6	5	6	5,7	453,3
Agar de trigo	2	2	2	2,0	160,0
Agar de camote	4	6	7	5,7	453,3
Total	31	32	36	33,2	2639,8

Tabla 2. Densidad relativa (%) de las UFC/m³ de aire

Medio de cultivo	UFC/m³ promedio	Densidad relativa (%)
Agar Sabouraud	693,3	26,2
Agar de maíz	373,3	14,1
Agar de cebada	293,3	11,1
Agar de yuca	213,3	8,1
Agar de papa	453,3	17,2
Agar de trigo	160,0	6,1
Agar de camote	453,3	17,2
Total	2639,8	100,0

Tabla 3. Prueba de ANOVA de un solo factor para las UFC/m³ de aire por medio de cultivo

Medio de cultivo	Resumen de datos (UFC/m ³):		
	1era lectura	2da lectura	3era lectura
Agar Sabouraud	720	640	720
Agar de maíz	320	400	400
Agar de cebada	240	320	320
Agar de yuca	240	160	240
Agar de papa	480	400	480
Agar de trigo	160	160	160
Agar de camote	320	480	560

Resultado del ANOVA

H₀: No hay diferencias significativas entre los medios de cultivo en UFC/m³

H₁: Al menos un medio de cultivo difiere significativamente

F(6,14) = 8.61, p = 0.0004 (p < 0.05)

Rechazamos H₀. por lo tanto, existe diferencias significativas entre al menos dos medios.

Tabla 4. Prueba post-hoc de Tukey HSD

Medio de cultivo	Característica
Agar Sabouraud	Difiere significativamente de: Agar de yuca, trigo y cebada.
Agar de papa y agar de camote	No difieren entre sí, ni de Sabouraud.
Agar de trigo	Muestra la menor eficacia, significativamente menor que Agar Sabouraud y agar de papa.
Agar de maíz y agar de cebada	Tienen rendimiento intermedio, estadísticamente similar entre sí.

Comparación de medias por pares ($\alpha = 0.05$)

- El medio Agar Sabouraud presentó la mayor densidad fúngica con diferencias significativas frente a varios medios alternativos.
- Los medios: Agar de papa y agar de camote, demostraron buena eficacia, sin diferir significativamente del estándar.
- El medio agar de trigo fue el menos eficaz para capturar la microbiota del aire.

Tabla 5. Géneros de hongo desarrollados e identificados por medio de cultivo.

Géneros/ Medio de cultivo	Agar Sabouraud	Agar de papa	Agar de camote	Agar de yuca	Agar de maíz	Agar de trigo	Agar de cebada
<i>Aspergillus</i> sp.	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
<i>Penicillium</i> sp.	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO
<i>Trichoderma</i> sp.	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
<i>Cephalosporium</i> sp.	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO
<i>Rhizopus</i> sp.	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI
<i>Fusarium</i> sp.	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI
<i>Cladosporium</i> sp.	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO
<i>Nigrospora</i> sp.	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
<i>Alternaria</i> sp.	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI
<i>Mucor</i> sp.	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<i>Stemphylium</i> sp.	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO
<i>Scopulariopsis</i> sp.	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO
<i>Septoria</i> sp.	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO
<i>Rhizoctonia</i> sp.	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
Levaduras	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
N.I	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 6. Índice de similitud (Jaccard) entre cada medio alternativo y el agar Sabouraud

Medio alternativo	Compartidos con Sabouraud	Exclusivos del medio	Exclusivos Sabouraud	Índice de Jaccard
Agar de papa	12	0	1	0.923
Agar de trigo	7	0	6	0.538
Agar de cebada	6	0	7	0.462
Agar de camote	6	1	7	0.429
Agar de yuca	5	0	8	0.385
Agar de maíz	4	0	9	0.308

Interpretación:

- El agar de papa y el agar de cebada son los más similares al patrón Sabouraud.
- El agar de maíz y el agar de yuca son los más divergentes.

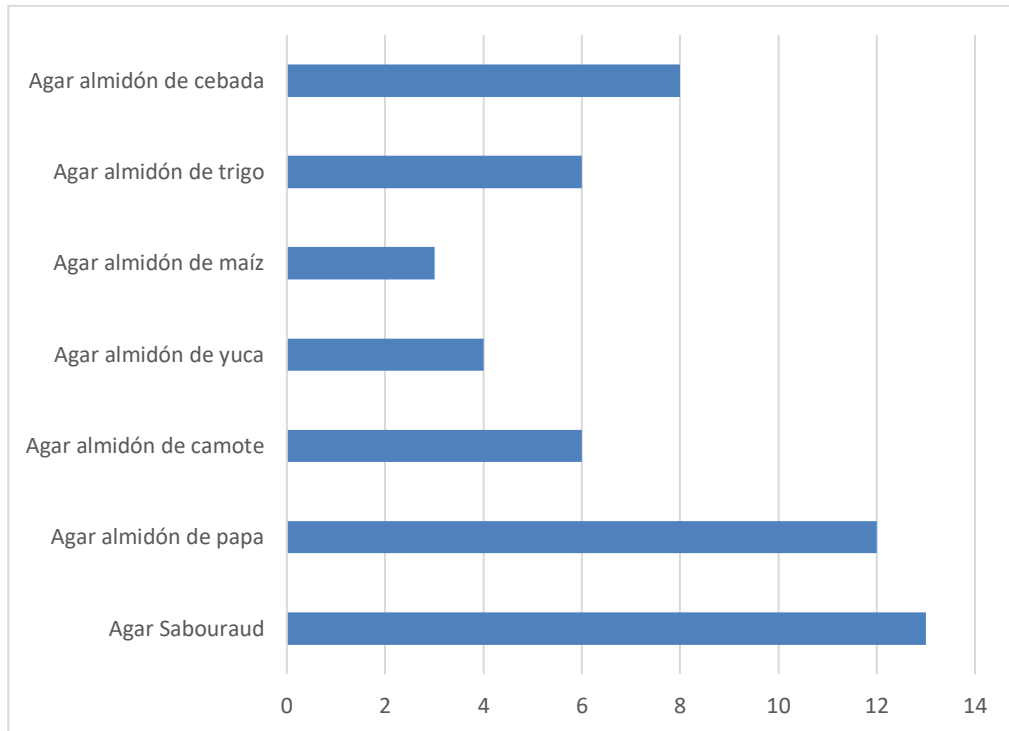


Figura 1. Riqueza fúngica por medio de cultivo empleado

Interpretación:

- El agar Sabouraud tiene la mayor riqueza, como se espera por ser el medio patrón.
- El agar de papa y el agar de camote son los más ricos entre los medios alternativos.
- El agar de yuca y el agar de maíz mostraron baja recuperación taxonómica.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio revelan que los medios de cultivo elaborados con almidones vegetales presentan diferencias estadísticamente significativas en cuanto a su capacidad para aislar micobiota ambiental en laboratorio. El medio patrón, Agar Sabouraud, mostró la mayor eficacia tanto en densidad fúngica (693.33 UFC/m³) como en riqueza taxonómica (13 morfotipos), lo que confirma su eficacia ampliamente respaldada en la literatura por sus propiedades nutritivas y su pH ácido que favorece el crecimiento de hongos filamentosos (de Hoog et al., 2000).

El agar Sabouraud (SDA) es un medio clásico en micología, diseñado especialmente para el aislamiento y cultivo de hongos filamentosos, levaduras y dermatofitos. Su pH ácido (~5.6) y alta concentración de glucosa lo hacen ideal para favorecer el crecimiento fúngico y limitar el desarrollo bacteriano. Desarrollan bien los géneros *Candida*, muy frecuente en muestras clínicas; el SDA permite su crecimiento rápido y abundante, *Aspergillus*, se desarrolla bien, aunque algunas especies pueden verse inhibidas si el medio contiene cycloheximide, *Trichophyton*, dermatofito clásico; el SDA es el medio estándar para su aislamiento desde piel, uñas y cabello, *Microsporum*, otro dermatofito que crece bien en SDA, especialmente en estudios dermatológicos, *Sporothrix schenckii*, puede crecer en SDA, útil en estudios de micosis subcutáneas, *Rhizopus* y *Mucor*, Zygomycetes que pueden desarrollarse en SDA, aunque prefieren medios con pH más neutro. Si se sospecha flora mixta (hongos + bacterias), se recomienda usar SDA con antibióticos como cloranfenicol o gentamicina, Algunas formulaciones incluyen cycloheximide para inhibir hongos ambientales no patógenos, pero esto puede afectar el crecimiento de

especies como *Cryptococcus neoformans* o *Aspergillus fumigatus* (Lifeder, 2023)(Bio-Rad, 2019).

Sin embargo, se prefiere el uso de agar Sabouraud en estudios de aeromicrobiología, debido a su,

- pH ácido (~5.6), que inhibe el crecimiento de muchas bacterias, lo que permite que los hongos se desarrollen sin competencia microbiana significativa.
- Alta concentración de glucosa que proporciona una fuente energética abundante que favorece el crecimiento de hongos filamentosos y levaduras.
- Amplio espectro fúngico que permite el desarrollo de géneros como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Candida*, entre otros, que son comunes en el aire ambiental.
- Versatilidad ambiental, que es útil tanto en ambientes clínicos como en estudios ambientales, incluyendo el monitoreo de calidad del aire en hospitales, laboratorios, industrias alimentarias y agrícolas.
- Compatibilidad con antibióticos, que puede suplementarse con cloranfenicol o gentamicina para inhibir bacterias sin afectar el crecimiento fúngico.
- Facilidad de interpretación morfológica, las colonias fúngicas en SDA suelen presentar características morfológicas bien definidas, lo que facilita su identificación preliminar; en estudios de aeromicrobiología, se suele exponer placas de SDA al ambiente por tiempos controlados o usar muestreadores de aire que impactan las esporas sobre la superficie del medio. Luego se incuban a temperaturas entre 25–28 °C por 5 a 7 días (Lifeder, 2023) (MicrogenLab&M, n.d.)

Vasquez, (2018), en su trabajo de contaminación fúngica aeroambiental en bibliotecas y museos de la ciudad de Ayacucho, usando el agar Sabouraud logró identificar los géneros, *Aspergillus* en un 49% del total, *Penicillium* con 28%, *Cladosporium* 9%, *Alternaria* con 5%, *Geotrichum* con 4%, *Rhizopus* con 3%, y no pudo identificar a un 2% de las colonias, resultados similares a los encontrados por nosotros pesar, de haber trabajado en un ambiente donde supuestamente los hongos predominantes serían los celulolíticos, debido a la acumulación de archivos varios en papel.

Entre los medios alternativos, el agar de papa presentó resultados comparables en términos de diversidad (12 morfotipos) y densidad (453.33 UFC/m³), siendo el más similar al medio estándar según el índice de Jaccard

(0.786). Esta eficacia puede explicarse por la composición energética del almidón de papa y su alta capacidad de retención de agua, características que favorecen el crecimiento de hongos como *Rhizopus*, *Alternaria* y *Penicillium* (Ríos-Ruiz et al., 2017).

El agar papa dextrosa (PDA) es uno de los medios más utilizados para el cultivo de hongos filamentosos y levaduras, especialmente en microbiología agrícola y fitopatología. Su composición rica en almidón (de papa) y glucosa lo convierte en un entorno ideal para el crecimiento fúngico y la esporulación. Crecen los géneros *Fusarium*, muy frecuente en suelos agrícolas; el PDA favorece su esporulación y desarrollo morfológico, *Penicillium*, se desarrolla bien en este medio, mostrando pigmentos característicos, *Aspergillus*, el PDA permite una buena expresión de estructuras reproductivas, *Trichoderma*, utilizado en estudios de biocontrol; el PDA facilita su crecimiento rápido, *Rhizopus*, puede crecer en PDA, especialmente en condiciones de alta humedad, *Alternaria*, fitopatógeno común en cultivos; el PDA permite su aislamiento desde tejidos vegetales, *Cladosporium*, también puede desarrollarse en PDA, aunque con crecimiento más lento, además, el PDA es útil para estudios morfológicos ya que permite observar pigmentación, textura y esporulación, mantenimiento de cepas, conserva viabilidad por largos periodos, aislamiento desde vegetales infectados, ideal para muestras de hojas, raíces o frutos. Cuando se trabaja en suelos agrícolas o muestras vegetales, este medio es excelente para obtener cultivos puros y observar características taxonómicas (Lifeder, 2023). Se aconseja utilizar en aeromicrobiología por su versatilidad, fácil preparación, bajo costo, alta esporulación, pero, no es selectivo en comparación al agar Sabouraud debido a que su pH es más elevado (cercano a la neutralidad). En un estudio desarrollado en las áreas internas y externas del Relleno Sanitario de Cajamarca y el cultivo biológico en el laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el método de sedimentación pasiva en placa con el medio de sustrato Agar Papa Dextrosa, a través de una exposición en el área de estudio durante 30 minutos al aire libre y posteriormente incubado a temperatura ambiente de 22°C; logró identificar 52 microorganismos aeromicrobiológicos, los de mayor frecuencia fueron: *Cladosporium* sp., *Epicoccum nigrum*, *Alternaria alternata*, *Fusarium* sp., *Penicillium digitatum*, *Phoma glomerata*, *Nigrospora* sp., y *Drechslera* sp.

Identificó 18 microorganismos alergénicos humanos como *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Botrytis* sp., *Cephalosporium* sp., *Cladosporium* sp., *Curvularia* sp., *Chaetomium* sp., *Drechslera* sp., *Fusarium* sp., *Mucor* sp., *Nigrospora* sp., *Penicillium* sp., *Scopulariopsis* sp., *Rhizopus* sp., *Stachybotrys* sp., *Stemphylium* sp., *Trichoderma* sp. y *Ulocladium* sp. (Chilón, 2024).

Sinha et al., (2025), realizaron un estudio para investigar la diversidad de la micobiota en muestras de suelo que provenían de diferentes áreas de Barachatti, Gaya (Bihar), para el aislamiento utilizaron la técnica de dilución en placa del suelo conteniendo el medio de agar papa dextrosa al que se añadieron 1% de estreptomina. La identificación lo realizaron por observación de características microscópicas utilizando la tinción con azul de algodón lactofenol y por observación de las características macroscópicas comparando con manuales fúngicos auténticos y claves taxonómicas. Aislaron como especies fúngicas varios géneros de hongos, incluidos en los Ascomycetes y Zygomycetes. Los géneros dominantes en diversas áreas de Barachatti fueron *Aspergillus* ssp., *Mucor* ssp. y *Rhizopus* ssp., claramente diferente al nuestro porque ellos trabajaron en muestras de suelo, donde se aísla con predominancia a *Mucor* y *Rhizopus*.

El agar camote también mostró buen desempeño (453.33 UFC/m³ y 6 morfotipos), en concordancia con estudios que señalan su utilidad como medio alternativo en cultivo de microorganismos vegetales (Grandes, 2017). Su asociación con géneros como *Alternaria* y *Rhizoctonia* sugiere que puede capturar eficientemente hongos con requerimientos específicos de carbono.

El agar camote o también conocido como agar de extracto de camote o agar de papa camote, es un medio nutritivo rico en carbohidratos que favorece el crecimiento de diversos hongos, especialmente aquellos que se desarrollan bien en ambientes con almidón vegetal, tales como *Fusarium*, común en suelos agrícolas; este medio favorece su crecimiento por el contenido de almidón, *Penicillium*, se desarrolla bien en medios ricos en carbohidratos como el camote, *Aspergillus*, otro género que puede crecer en agar camote, aunque suele preferir medios más específicos., *Rhizopus*, especialmente en condiciones con alta humedad y nutrientes vegetales, *Trichoderma*, puede aparecer en medios vegetales, especialmente si hay competencia con otros hongos. Este medio no es tan selectivo como el Sabouraud o el Mycosel, pero es útil para aislamientos generales y estudios ecológicos de hongos

filamentosos y levaduras en ambientes agrícolas o naturales (D. Ramos, 2025).

En agar maíz crecen los géneros *Aspergillus* sp. muy frecuente en ambientes agrícolas y alimentos con almidón, especies como *A. flavus* y *A. niger* pueden producir amilasas y micotoxinas, *Penicillium* sp., otro género dominante en ambientes con materia orgánica rica en carbohidratos, *Fusarium* spp., común en suelos y cultivos como el maíz, *Mucor* sp. y *Rhizopus* sp., Zygomycetes de crecimiento rápido, con fuerte capacidad para degradar almidón y son frecuentes en ambientes húmedos y en alimentos, *Alternaria* sp. presente en aire, suelos y vegetales, crecen en medios con almidón, aunque no es su preferido (López-Morales et al., 2023) (Cortijo & Villanueva, 2025).

En contraste, los medios basados en yuca y de maíz fueron los menos eficaces, con densidades de 213.33 y 373.33 UFC/m³ respectivamente y riqueza de solo 4 y 3 morfotipos. Si bien la yuca ha demostrado ser útil en micropropagación vegetal, su rendimiento fúngico puede verse limitado por la baja concentración de micronutrientes (Grandes, 2017). En el caso del maíz, (Concha, 2019) señalan que su aplicación microbiológica requiere optimización en la preparación del almidón para mejorar su bioaccesibilidad.

El análisis estadístico ANOVA mostró diferencias significativas entre medios ($F = 8.61$; $p = 0.004$), y la prueba de Tukey confirmó que el agar Sabouraud, agar de papa y agar de camote pertenecen al grupo de mayor eficacia. Asimismo, el análisis multivariado de correspondencias reveló una alta asociación entre el agar Sabouraud y el agar papa con géneros frecuentes como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Rhizoctonia*, mientras que medios como el agar de maíz y el agar de yuca quedaron periféricos, reflejando su baja sensibilidad taxonómica.

Estos hallazgos concuerdan con estudios realizados por (Concha, 2019), quien observó que medios alternativos simples como DRBC y avena casera pueden recuperar una diversidad fúngica representativa en ambientes laborales, siempre que se optimicen las condiciones fisicoquímicas. Por tanto, se propone que los medios elaborados con almidón de papa y camote constituyen una opción viable y económica para estudios ambientales, en especial en contextos de sostenibilidad y evaluación comparativa de microbiota aérea.

Los resultados nos permiten recomendar el uso del agar papa como medio alternativo al Agar Sabouraud en estudios de micobiota ambiental de laboratorio, debido a su:

- Alta eficacia en aislamiento fúngico (453.33 UFC/m³ promedio)
- Amplia riqueza taxonómica (12 géneros detectados)
- Perfil ecológico similar al medio patrón (índice de similitud de Jaccard: 0.786)
- Viabilidad técnica y económica en contextos de optimización de recursos.

Este medio demostró rendimientos estadísticamente comparables al agar Sabouraud y podría ser incorporado como alternativa sostenible en estudios aeromicológicos, especialmente en instituciones con acceso limitado a medios comerciales.

La eficacia comparativa de medios selectivos y no selectivos para el aislamiento de hongos ambientales varía según el grupo fúngico y el hábitat. Medios selectivos, como el Nash y Snyder y agar verde de malaquita, han sido desarrollados para aislar géneros específicos como *Fusarium*, mostrando que algunos, como el agar verde de malaquita, son más selectivos y limitan el crecimiento de otros hongos, mientras que otros permiten el desarrollo de una mayor diversidad fúngica (Bragulat et al., 2004). Para entomopatógenos como *Beauveria* y *Metarhizium*, medios alternativos como el agar de avena con CTAB han demostrado ser más eficientes y menos costosos que los tradicionales con dodine, permitiendo un aislamiento más específico y rápido (Posadas et al., 2012). En el caso de hongos difíciles de aislar, como los Hymenomycetes, la adición de benomyl y dichloran a los medios mejora la selectividad sin inhibir el crecimiento del grupo objetivo (Worrall, 1991). Además, técnicas innovadoras como culturomics y dispositivos in situ (FiChips) han incrementado la recuperación de hongos raros o previamente no cultivados en ambientes complejos como sedimentos de manglar, superando la eficiencia de los métodos convencionales de placa de dilución (Li et al., 2023). Para hongos anaerobios de hábitats no ruminales, la composición del medio (con o sin fluido ruminal) afecta la diversidad de géneros recuperados, sugiriendo que la selección del medio debe adaptarse al ambiente de origen (Joshi et al., 2022). En resumen, la elección entre

medios selectivos y no selectivos, así como la incorporación de nuevas metodologías, depende del objetivo del aislamiento y del tipo de hongo buscado, siendo los medios selectivos generalmente superiores para la recuperación de especies específicas en muestras ambientales complejas.

V. CONCLUSIONES

1. El Agar Sabouraud continúa siendo el medio de mayor eficacia para el aislamiento de hongos, tanto en densidad fúngica como en diversidad taxonómica, lo que valida su rol como estándar en aeromicrología.
2. El agar a base de papa mostró comportamiento similar al agar Sabouraud, evidenciados por su alta eficacia en aislamiento fúngico (453.33 UFC/m³ promedio), amplia riqueza taxonómica (12 géneros detectados) y un perfil ecológico similar al medio patrón (índice de similitud de Jaccard: 0.786).
3. El agar camote mostró buen desempeño con una densidad fúngica de 453.33 UFC/m³ y aislamiento de 6 morfotipos.
4. Los medios basados en yuca y maíz fueron los menos eficaces, con densidades de 213.33 y 373.33 UFC/m³ respectivamente y riqueza de solo 4 y 3 morfotipos.
5. Se concluye que es posible utilizar medios elaborados con almidones alternativos como sustitutos parciales, principalmente papa y camote, en contextos de investigación ambiental con recursos limitados, siempre que se evalúe su composición y se ajusten sus parámetros fisicoquímicos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a quienes emprendan investigaciones similares considerar el uso de agar almidón de papa como medio alternativo al Agar Sabouraud, debido a que demostrado ser el más eficaz entre los medios no convencionales evaluados.
2. Se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones metodológicas, como la repetibilidad controlada, identificación taxonómica combinando el análisis del morfotipo macroscópico y microscópico y la secuenciación molecular, aumentar el tamaño muestral para incrementar la potencia estadística y la estandarización química de los medios de cultivo alternativo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson, J., & Cook, H. (2019). Microbial cultures in resource-limited settings: Approaches and innovations. *Journal of Clinical Microbiology*, *57*(4), 123–130. <https://doi.org/10.1128/JCM.00575-19>
2. Baik, B.-K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, *48*(2), 233–242. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
3. Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2012). The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology*, *72*. <https://doi.org/10.3114/sim0003>
4. Bio-Rad. (2019). *Agar Sabouraud*. https://commerce.bio-rad.com/webroot/web/pdf/inserts/CDG/es/56524_2019_07_ES.pdf
5. Bonifaz, A. (2012). *Micología Médica Básica* (McGrawHill (ed.)).
6. Borku, A. W. (2025). Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): its nutritional composition insights for future research and development in Ethiopia. *Discover Sustainability*, *6*(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00996-2>
7. Borrego, S. F., Perdomo, I., Paz, J. D. La, Gómez De Saravia, S. G., & Guiamet, P. S. (2011). Relevamiento microbiológico del aire y de materiales almacenados en el Archivo Histórico del Museo de La Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba. *Revista Del Museo de La Plata*, *18*(119), 1–18. file:///C:/Users/Seroga/Downloads/admin,+rmlp_bot_2011_t18_n119.pdf
8. Bragulat, M. R., Martínez, E., Castellá, G., & Cabañes, F. J. (2004). Selective Efficacy of Culture Media Recommended for Isolation and Enumeration of *Fusarium* spp. *Journal of Food Protection*, *67*(1), 207–211. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.1.207>
9. Camire, M. E., Kubow, S., & Donnelly, D. J. (2009). Potatoes and Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *49*(10), 823–840. <https://doi.org/10.1080/10408390903041996>
10. Cañedo, V., & Ames, T. (2004). *Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos*. Centro Internacional de la Papa.
11. Cazorla, D., & Morales, P. (2019). Germinación in vitro de 13 aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* s.l. (Ascomycota) en diferentes medios de cultivo. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, *31*(24–32).

<https://www.researchgate.net/publication/339456878>

12. Chilón, L. (2024). *Identificación aeromicológica de las áreas circundantes al relleno sanitario de la ciudad de Cajamarca* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6685>
13. Concha, H. R. (2019). *Comparación de diferentes medios de cultivo para el aislamiento de hongos alergénicos a partir de ambientes y fosas nasales* [Universidad Santiago de Cali]. <https://repositorio.usc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e456e951-39b1-4b7f-8059-4def7aa1fd6c/content>
14. Cortijo, B. A., & Villanueva, A. L. (2025). *Hongos micotoxigénicos en harinas de maíz para consumo humano y animal comercializadas en mercados mayoristas de Lima Metropolitana* [Universidad Peruana Cayetano Heredia]. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/17032/Hongos_CortijoAvila_Bruno.pdf?sequence=1
15. De Hoog, G. S., Guarro, J., Gené, J., & Figueras, M. J. (2000). *Atlas of Clinical Fungi* (A. S. for Microbiology (ed.); segunda). https://books.google.com.pe/books/about/Atlas_of_Clinical_Fungi_Second_Edition.html?id=clv_CWVR1GoC&redir_esc=y
16. Estrada, G. I., & Ramírez, M. C. (2019). *Micología General* (Universidad Nacional de Manizales (ed.)).
17. FAO. (2013). *Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security*. <https://www.fao.org/3/i3022e/i3022e.pdf>
18. Fletcher, R. H., & Fletcher, S. W. (2014). *Clinical epidemiology: The essentials* (L. W. & Wilkins (ed.); 5ta ed.).
19. García, M. A., Cappello, S., Leshner, J. M., & Molina, R. F. (2014). Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *metarhizium anisopliae*. *Horizonte Sanitario*, 10(2), 21–28. <https://doi.org/10.19136/hs.a10n2.229>
20. Gob.pe. (2025). *Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga*. <https://www.gob.pe/unsch>
21. González, L. ., Lapierre, A. V., Rodríguez, G. B., Ampuero, V. E., Ronchi, G. D., & Floridia, R. A. (2020). *Guías de trabajos prácticos: Micología*. Universidad Nacional de San Luis.
22. Grandes, F. (2017). Almidones usados como agentes gelificantes en reemplazo de Phytigel® en medios de cultivo para tejidos vegetales [Escuela

- Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras]. In *Zamorano*.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/06b22828-563e-4bc6-a764-eb0362ef4777/content>
23. Joshi, A., Young, D., Huang, L., Mosberger, L., Munk, B., Vinzelj, J., Flad, V., Sczyrba, A., Griffith, G. W., Podmirseg, S. M., Warthmann, R., Leubhn, M., & Insam, H. (2022). Effect of Growth Media on the Diversity of Neocallimastigomycetes from Non-Rumen Habitats. *Microorganisms*, 10(10).
<https://doi.org/10.3390/microorganisms10101972>
 24. Klich, M. A. (2002). *Identification of common Aspergillus species*. Centraalbureau Voor Schimmelcultures.
 25. Larone, D. H. (2018). *Medically Important Fungi: A Guide to Identification*. ASM Press. [https://doi.org/DOI: 10.1128/9781555819855](https://doi.org/DOI:10.1128/9781555819855)
 26. Latgé, J. P. (1999). *Aspergillus fumigatus* and aspergillosis. *Microbiology Reviews*, 12(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.1128/CMR.12.2.310>
 27. Li, M., Raza, M., Song, S., Hou, L., Zhang, Z. F., Gao, M., Huang, J. E., Liu, F., & Cai, L. (2023). Application of culturomics in fungal isolation from mangrove sediments. *Microbiome*, 11(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1186/s40168-023-01708-6>
 28. Lifeder. (2023a). *Agar papa dextrosa*. <https://www.lifeder.com/agar-papa-dextrosa/>.
 29. Lifeder. (2023b). *Agar Sabouraud*. <https://www.lifeder.com/agar-sabouraud/>.
 30. Londoño, L. (2014). *Metodología de la investigación epidemiológica* (Manual Moderno (ed.); 5ta ed.).
 31. López-Morales, F., Aragón-García, A., Pérez-Torres, B. C., Vásquez-Carrillo, G., Castillo-Hernández, D., & Aragón Sánchez, M. (2023). Identificación de hongos extraídos de tortillas de diferentes razas de maíz (*Zea mays* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(3).
<https://doi.org/10.19136/era.a10n3.3453>
 32. MicrogenLab&M. (n.d.). *Agar Sabouraud, utilidades y limitaciones*. <https://www.microgenltda.com.co/micronoticias/agar/agar-sabouraud-utilidades-y-limitaciones/>
 33. Molina, A., & Borrego, S. F. (2017). *Mo. Rev. Alerg. Méx.*, 64(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.234>
 34. Montoya, A. M., Grimaldo, J., & González, G. M. (2024). Identificación fenotípica y molecular de aislamientos clínicos y ambientales de *Fusarium*

- spp. *Gaceta Médica de México*, 160(5), 554–561.
<https://doi.org/10.24875/gmm.24000256>
35. Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2015). *Microbiología médica* (E. H. Sciences. (ed.)). <https://www.elsevier.com/books/microbiologia-medica/murray/978-84-9022-980-3>
 36. Nuss, E. T., & Tanumihardjo, S. A. (2010). Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(4), 417–436. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x>
 37. Odds, F. C., & Bernaerts, R. (1994). Chromogenic agar medium for the differentiation of *Candida* species. *Journal of Clinical Microbiology*, 32(8), 1923–1929. <https://doi.org/DOI: 10.1128/jcm.32.8.1923-1929.1994>
 38. Onyeka, J. (2014). Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and the Future of Starch. *Starch/Stärke*, 66(1–2), 1–7. <https://doi.org/DOI: 10.1002/star.201300001>
 39. Piontelli, E. (2018). *Micología médica: Fundamentos y aplicaciones* (Elsevier (ed.)). <https://www.elsevier.com/books/micologia-medica/piontelli/978-84-9113-364-2>
 40. Pitt, J. I. (2000). *A laboratory guide to common Penicillium species*. CSIRO Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/9780643101922>
 41. Posadas, J. B., Comerio, R. M., Mini, J. I., Nussenbaum, A. L., & Lecuona, R. E. (2012). A novel dodine-free selective medium based on the use of cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB) to isolate *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* sensu lato and *paecilomyces lilacinus* from soil. *Mycologia*, 104(4), 974–980. <https://doi.org/10.3852/11-234>
 42. Ramos, D. (2025). *Microbiología Experimental* (U. N. A. de México (ed.)). <https://amyd.quimica.unam.mx/mod/folder/view.php?id=8689>
 43. Ramos, R., & Meza, V. (2017). Efectos de algunos factores meteorológicos sobre la concentración de esporas de hongos en la Plaza San Martín de Lima. *Ecología Aplicada*, 16(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1018>
 44. Ríos-Ruiz, W. F., Valdez-Nuñez, R. A., & Jiménez-Flores, J. P. (2017). Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 327–335. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.04>

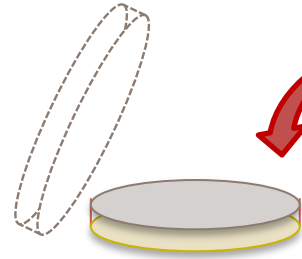
45. Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Espacios*, 39(6).
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p11.pdf>
46. Schulz, B., & Boyle, C. (2005). The potential of plant-associated microorganisms in biotechnology. In CRC Press (Ed.), *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*.
47. Shewry, P. R., & Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, 4(3), 178–202.
<https://doi.org/10.1002/fes3.64>
48. Sinha, M., Kaushik, S., & Prasad, S. K. (2025). *Study of Soil Mycoflora of Different Areas of Barachatti , Gaya (Bihar)*. February.
https://www.researchgate.net/publication/396237477_Study_of_Soil_Mycoflora_of_Different_Areas_of_Barachatti_Gaya_Bihar?enrichId=rgreq-0c8fa00f93f521e65d9bea0db3ac0560-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM5NjIzNzQ3NzUzBUZoxMTQzMTI4MTY2NDE5NDZlOEAxNzU5NzY2OTI5NzY
49. Smith, G. (1980). *Ecology and Field Biology*. (H. & Row (ed.)).
50. Stevenson, L., Phillips, F., O'Sullivan, K., & Walton, J. (2006). Composition and health benefits of sweet potato. *Nutrition Reviews*, 65(6), 272–283.
<https://doi.org/DOI: 10.1301/nr.2007.jun.271-283>
51. Tangarife, V. J., S.V., F., & Mesa, A. C. (2015). Diagnóstico micológico: de los métodos convencionales a los moleculares. *Medicina & Laboratorio*, 21(5–6), 211–242.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8741586#:~:text=Con esta revisión se pretende mostrar de manera,han utilizado hasta ahora en el diagnostico micológico.>
52. Tatián, M., & Richard, M. (2020). *Avances en la micología: Medios de cultivo y técnicas de laboratorio* (E. M. Panamericana (ed.)).
<https://medicapanamericana.com/Avances-en-la-micologia-Medios-de-cultivo-y-tecnicas-de-laboratorio>
53. Thomma, B. P. H. J. (2003). *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology*, 4(4), 225–236.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x>
54. Toro, C. A., & Goya, D. A. (2023). *Aislamiento de hongos filamentosos en Lodos primarios procedentes del tratamiento de aguas residuales de una*

- planta procesadora de Atún*. Universidad Técnica Salesiana. Ecuador.
55. Vasquez, R. H. (2018). *Contaminación fúngica aeroambiental de bibliotecas y museos de la ciudad de Ayacucho 2017*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
 56. Wayne, D. (1991). *Bioestadística Base para el análisis de las ciencias de la salud* (L. S. A. de C.V. (ed.)).
 57. Woolfe, J. A. (1992). *Sweet Potato: An Untapped Food Resource*. Cambridge University Press & International Potato Center (CIP).
<https://cipotato.org/publications/sweet-potato-an-untapped-food-resource/>
 58. Worrall, J. J. (1991). Media for Selective Isolation of Hymenomyces. *Mycologia*, 83(3), 296–302.
<https://doi.org/10.1080/00275514.1991.12026013>
 59. Zárate, M., Guadalupe, M. De, Domínguez, E., Mateos, R., Rodríguez, A., González, C., Fernando, J., Morales, F., Guadalupe, M. De, Zárate, M., Domínguez, E. E., & Mateos, P. R. (2015). *Aislamiento de hongos alergenicos en una biblioteca universitaria*. 25(1), 32–38.
<https://doi.org/10.15174/au.2015.758>
 60. Zurita, S., & Urcia, F. (2017). *Atlas para el diagnóstico micológico* (M. de S. I. N. de Salud (ed.)).

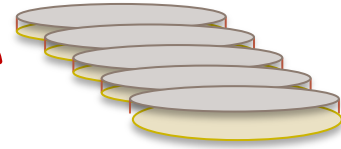
ANEXOS

Anexo 1

Flujograma del trabajo



Exposición a 1.5 mt de altura x 10min



Placas conteniendo Agar Sabouraud, agar papa, agar camote, agar yuca, agar maíz, agar cebada y agar trigo.



Laboratorio de Epidemiología y Micología de la UNSCH
Incubar a 25°C x un mínimo de 72 horas.



Lectura
Observación de características macroscópicas
Aspecto, color (anverso y reverso), tamaño, tipo de crecimiento.

Cuantificación de colonias

Las colonias de hongos fueron repicadas en viales conteniendo agar Sabouraud, para su posterior identificación.



MICROCULTIVO

Observación de características microscópicas



- Tipo de hifas
- Estructuras de propagación
- Estructuras de reproducción
- Estructuras de fructificación

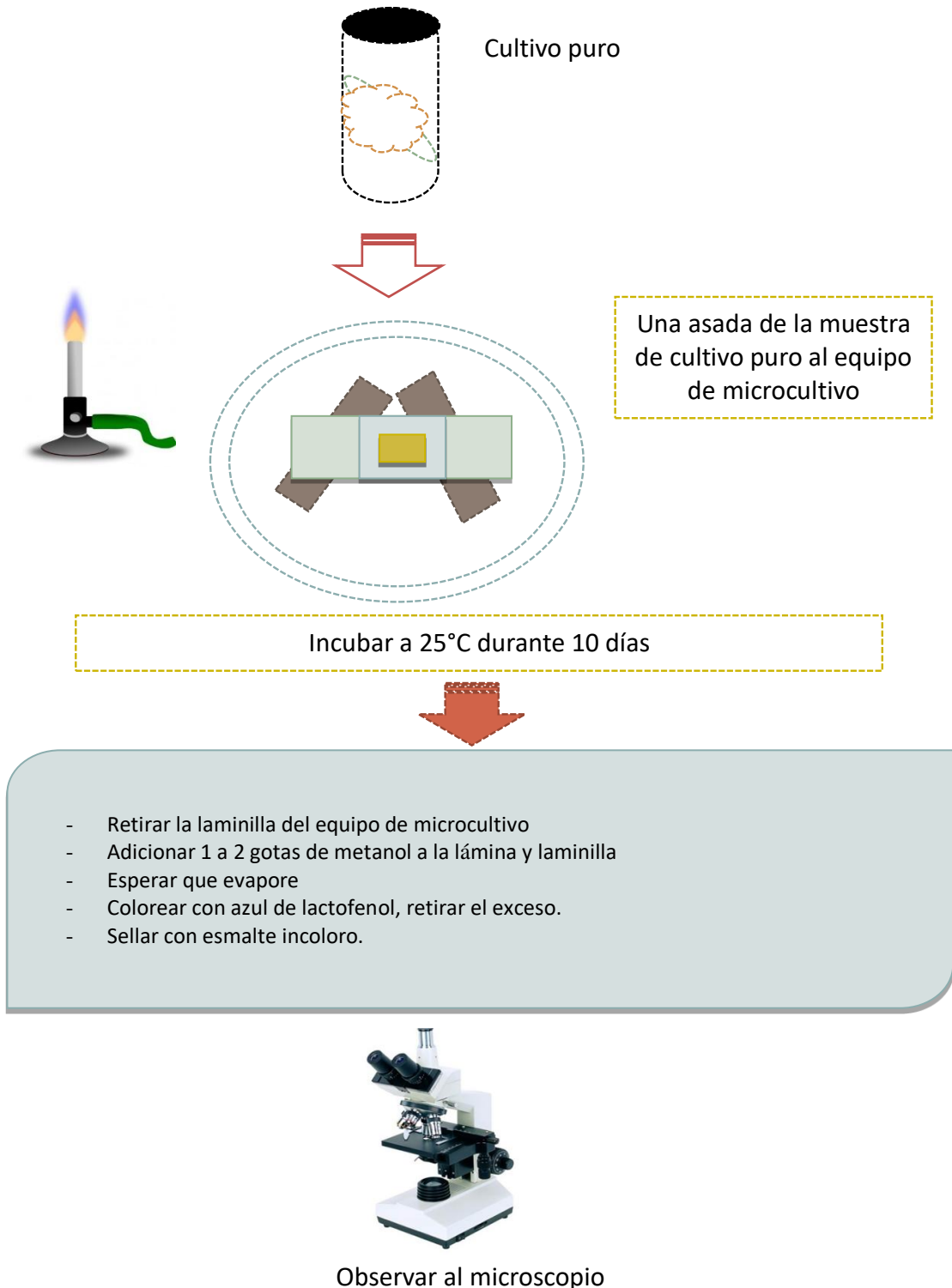


IDENTIFICACIÓN

Anexo 02

Flujograma de la técnica de Microcultivo

- Se aisló cada colonia de hongo desarrollada



Anexo 03

Preparación de medios de cultivo

Agar papa

Trozos de papa pelada250gr.
Agua.....1000 ml
Agar.....18gr.

Preparación: hierva la papa en 500 ml. de agua por 30 minutos, mientras derrite el agar en otros 500 ml. Filtre el caldo de papa con tamiz y gasa. Junte las dos preparaciones, restituya el agua hasta completar los 1000 ml. Distribuya y esterilice.

Agar camote

Trozos de camote pelado 250gr.
Agua.....1000 ml
Agar.....18gr.

Preparación: hierva el camote en 500 ml. de agua por 30 minutos, mientras derrite el agar en otros 500 ml. Filtre el caldo de camote con tamiz y gasa. Junte las dos preparaciones, restituya el agua hasta completar los 1000 ml. Distribuya y esterilice.

Agar yuca

Trozos de yuca pelada 250gr.
Agua.....1000 ml
Agar.....18gr.

Preparación: hierva la yuca en 500 ml. de agua por 30 minutos, mientras derrite el agar en otros 500 ml. Filtre el caldo de yuca con tamiz y gasa. Junte las dos preparaciones, restituya el agua hasta completar los 1000 ml. Distribuya y esterilice.

Agar maíz

Harina de maíz20gr.
Agar.....18gr.
Agua.....1000 ml

Preparación: mantenga la harina de maíz en 500 ml. de agua a unos 60°C por 1 hora. Obtenga un filtrado a través de muselina y agréguelo al agar ya derretido en los otros 500 ml. de agua. Complete el volumen a 1000 ml. de agua. Distribuir y esterilizar.

Agar trigo

Harina de trigo20gr.
Agar.....18gr.
Agua.....1000 ml

Preparación: mantenga la harina de trigo en 500 ml. de agua a unos 60°C por 1 hora. Obtenga un filtrado a través de muselina y agréguelo al agar ya derretido en los otros 500 ml. de agua. Complete el volumen a 1000 ml. de agua. Distribuir y esterilizar.

Agar cebada

Harina de cebada20gr.
Agar.....18gr.
Agua.....1000 ml

Preparación: mantenga la harina de cebada en 500 ml. de agua a unos 60°C por 1 hora. Obtenga un filtrado a través de muselina y agréguelo al agar ya derretido en los otros 500 ml. de agua. Complete el volumen a 1000 ml. de agua. Distribuir y esterilizar.

Anexo 04

Fotografías tomadas durante la realización del trabajo.



Imagen 1 y 2. Insumos (yuca, papa y camote) para la preparación de medios de cultivo



Imagen 3. Harina de maíz, trigo y cebada.

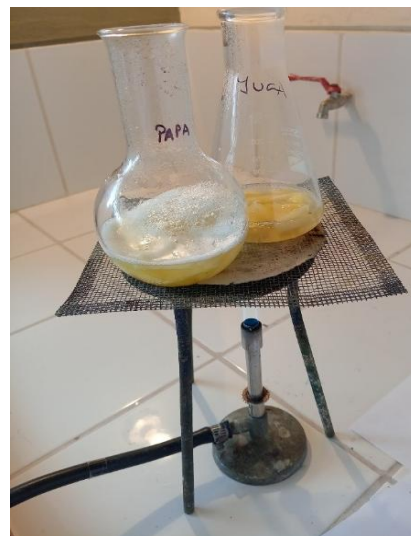


Imagen 4 y 5. hirviendo los insumos.



Imagen 6. Medios de cultivo listos para ser esterilizados.

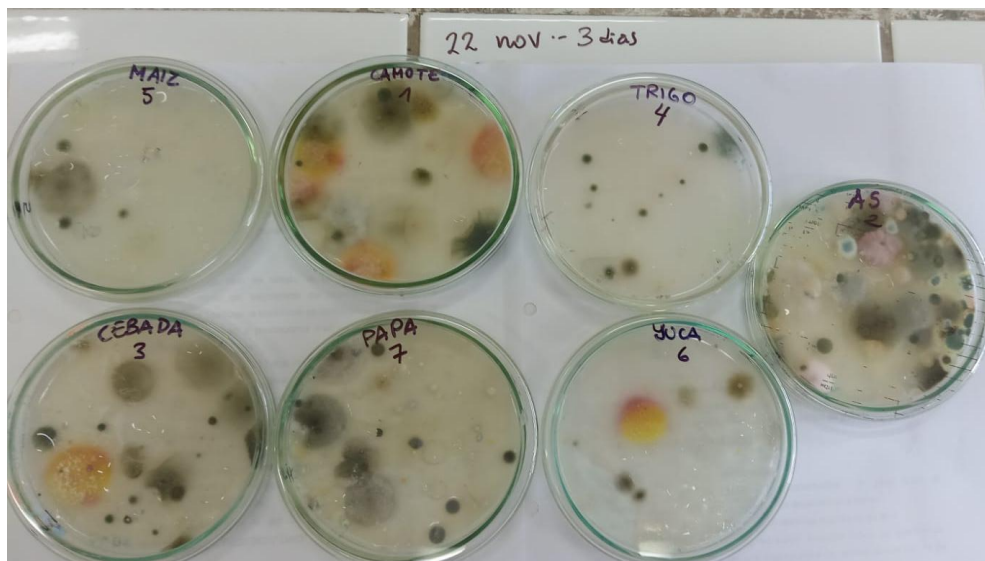
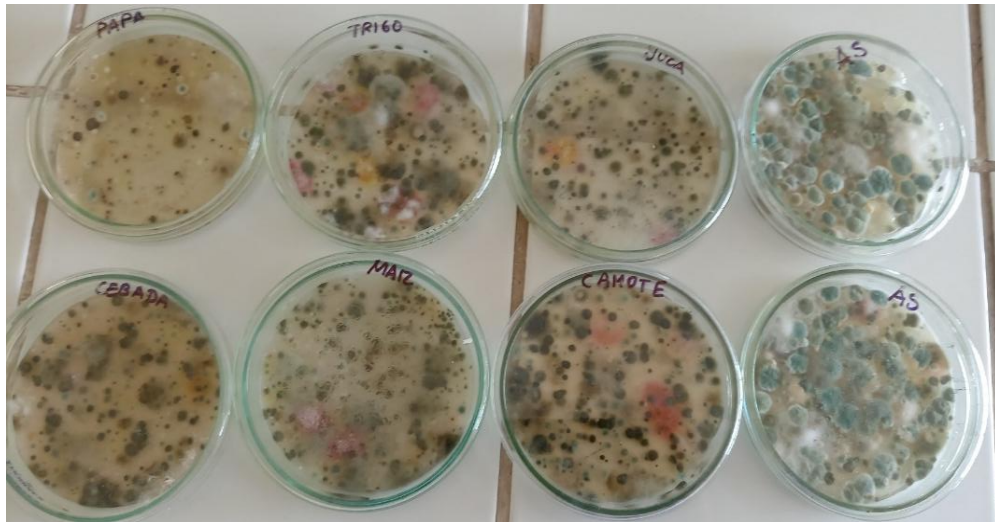


Imagen 7 y 8. Crecimiento de colonias fúngicas en los diferentes medios.



Imagen 9. Realizando la técnica del microcultivo, con las cepas de cultivo puro.



Imagen 10. Montaje de microcultivos.

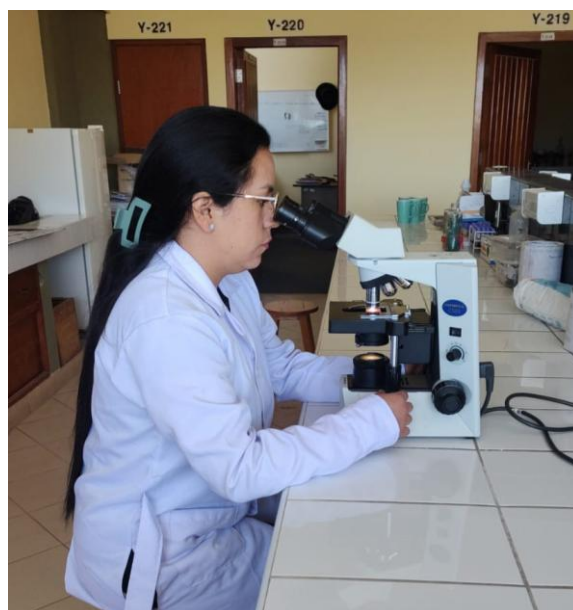


Imagen 11. Realizando la identificación de los géneros aislados.

Anexo 05

Observaciones microscópicas de los géneros de hongos identificados.

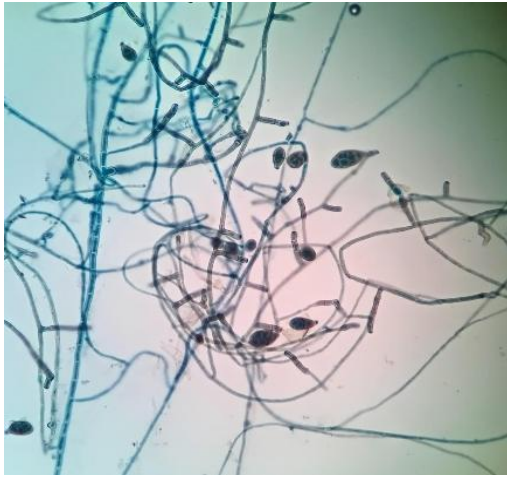


Imagen 12. *Alternaria* sp. en agar camote.

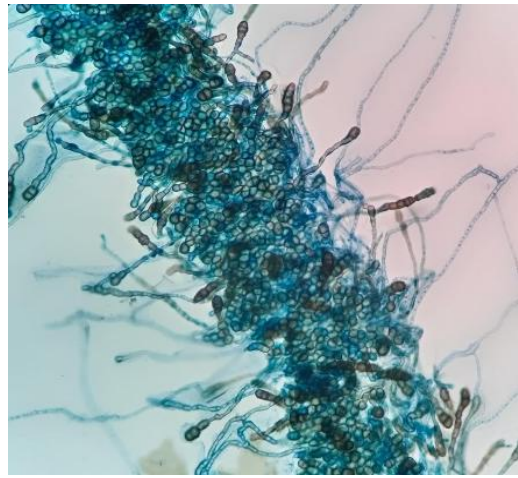


Imagen 13. *Alternaria* sp. en agar cebada

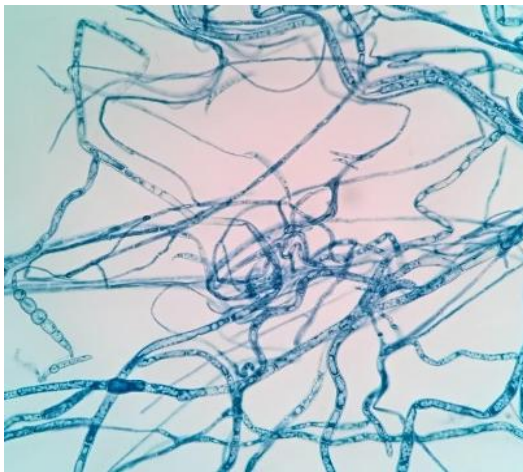


Imagen 14. *Fusarium* sp. en Agar Sabouraud

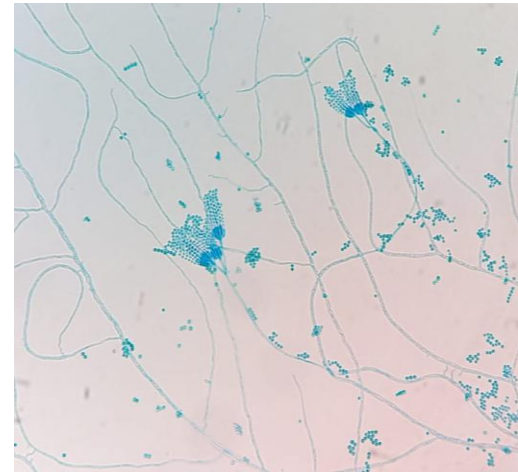


Imagen 15. *Penicillium* sp. en agar yuca

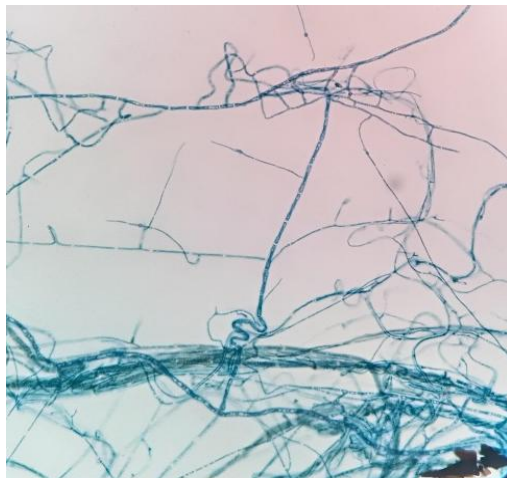


Figura 13. *Cephalosporium* sp. en agar camote.

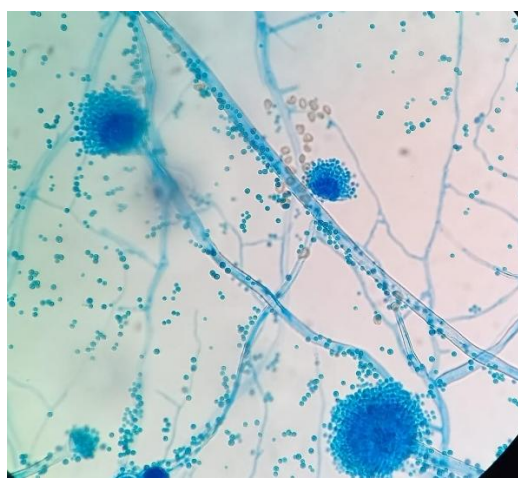


Figura 13. *Aspergillus* sp. en agar Saboudaud.

Anexo 06

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLOGICO
¿Cuál es la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024?	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con almidón de yuca para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024. Determinar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con almidón de camote para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024. Determinar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con almidón de cebada para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024. Determinar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con almidón de trigo para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024. Determinar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con almidón de maíz para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024. Determinar la eficacia de medios de cultivo alternativo al agar Sabouraud, elaborados con almidón de papa para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024. 	<p>Hi: No hay diferencias significativas entre los medios de cultivo en UFC/m³</p> <p>H₁: Al menos un medio de cultivo difiere significativamente</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Tipo de medio de cultivo (alternativo vs. Agar Sabouraud).</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Eficacia en el crecimiento fúngico (número de colonias y géneros aislados).</p>	<p>TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION: Tipo observacional con un diseño transversal.</p> <p>Unidad de análisis Un ambiente del laboratorio de la especialidad de Microbiología-Escuela Profesional de Biología-Facultad de Ciencias Biológicas.</p> <p>Recolección de datos Muestreo microbiológico del aire por el Método gravimétrico de Omeliansky</p> <p>Cálculo de la densidad fúngica Se calculó la concentración de unidades formadoras de colonia por metro cúbico de aire (UFC/m³), utilizando la fórmula propuesta por El cálculo se basó en multiplicar el promedio de colonias detectadas por depósito por un coeficiente de corrección (K), cuyo valor depende del diámetro de la placa utilizada: un factor de 100 para placas de 8 cm y de 80 para aquellas de 9 cm, que fueron las dimensiones seleccionadas en los muestreos realizados.</p> <p>Análisis estadístico Los datos fueron almacenados y organizados en hojas de Microsoft Excel, para elaborar tablas y gráficos, según corresponda. Se usaron las fórmulas propuestas por Omeliansky para hacer cálculos del número de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³) y la densidad relativa, la prueba de ANOVA para ver la varianza entre medios de cultivo, índice de Jaccard para ver la similitud entre medios de cultivo y Tukey para analizar las diferencias de eficacia entre medios de cultivo.</p>

Eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicología, Ayacucho 2024

María Victoria Vílchez Malca* y Serapio Romero Gavilán.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Facultad de Ciencias Biológicas

Ayacucho, noviembre de 2025

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos locales (papa, camote, yuca, trigo, maíz y cebada), para el estudio de la aeromicología en la ciudad de Ayacucho, 2024. Se realizó un estudio descriptivo, transversal y comparativo en el Laboratorio de Micología y Epidemiología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Las muestras de aire se recolectaron aplicando el método gravimétrico de sedimentación de Omeliansky, mediante exposición de placas a 1,5 m de altura durante 10 minutos. Las colonias desarrolladas fueron incubadas a 25 °C por 72 horas y posteriormente analizadas macroscópicamente y microscópicamente. Los resultados demostraron que el medio Agar Sabouraud obtuvo la mayor densidad fúngica (693,3 UFC/m³), seguido de los medios elaborados con papa y camote, los cuales mostraron valores similares en crecimiento y diversidad. Los medios elaborados con yuca

y maíz registraron menor crecimiento fúngico. Se concluye que el Agar de papa y el Agar de camote constituyen alternativas viables y de bajo costo frente al Agar Sabouraud, representando opciones sostenibles para estudios aeromicológicos en laboratorios con recursos limitados.

Palabras clave: medios de cultivo alternativos, Agar Sabouraud, productos amiláceos, aeromicrología, hongos ambientales.

Abstract

This study aimed to evaluate the effectiveness of alternative culture media to Sabouraud Agar, prepared with local starchy products (potato, sweet potato, cassava, wheat, corn, and barley), for the study of aeromycology in the city of Ayacucho, 2024. A descriptive, cross-sectional, and comparative study was conducted at the Mycology and Epidemiology Laboratory of the National University of San Cristóbal de Huamanga. Air samples were collected using the Omeliansky gravimetric sedimentation method, by exposing plates to a height of 1.5 m for 10 minutes. The resulting colonies were incubated at 25 °C for 72 hours and subsequently analyzed macroscopically and microscopically. The results showed that Sabouraud Agar yielded the highest fungal density (693.3 CFU/m³), followed by the media prepared with potato and sweet potato, which showed similar values in growth and diversity. The media prepared with cassava and corn showed less fungal growth. It is concluded that potato agar and sweet potato agar are viable and low-cost alternatives to Sabouraud agar, representing sustainable options for aeromycological studies in laboratories with limited resources.

Keywords: alternative culture media, Sabouraud agar, starchy products, aeromycology, environmental fungi.

Introducción

El estudio de los hongos presentes en el aire, conocido como aeromicología, permite conocer la composición y abundancia de esporas fúngicas suspendidas en el ambiente, las cuales pueden afectar tanto la salud humana como los procesos biológicos de los ecosistemas. Los hongos son organismos eucariotas heterótrofos que se reproducen principalmente por esporas, y su presencia en el aire está influenciada por factores como la temperatura, humedad y tipo de sustrato disponible.

El Agar Sabouraud es el medio de cultivo estándar utilizado para el aislamiento y crecimiento de hongos, debido a su pH ácido y alto contenido de glucosa. Sin embargo, su costo elevado representa una limitación en laboratorios de recursos económicos limitados, especialmente en instituciones educativas públicas y centros regionales. En este contexto, resulta necesario evaluar medios de cultivo alternativos elaborados con productos naturales de bajo costo y amplia disponibilidad, como la papa, camote, yuca, trigo, maíz y cebada.

El empleo de productos amiláceos locales podría reducir el costo de los medios de cultivo y, al mismo tiempo, promover el aprovechamiento de recursos naturales disponibles en la región. La papa y el camote son ricos en almidón, lo que podría proporcionar un sustrato favorable para el crecimiento de hongos,

mientras que el trigo, maíz y cebada poseen azúcares y proteínas que podrían influir en la esporulación.

El presente estudio tuvo como propósito determinar la eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos, para el estudio de la aeromicología en la ciudad de Ayacucho. Los resultados buscan contribuir al desarrollo de medios más accesibles, sostenibles y aplicables en la vigilancia micológica ambiental.

Materiales y Métodos

Tipo y diseño de investigación

El estudio fue de tipo descriptivo, transversal y comparativo. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Micología y Epidemiología de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), durante el año 2024.

El objetivo fue comparar la eficacia de medios de cultivo alternativos elaborados con productos amiláceos locales frente al medio estándar Agar Sabouraud, utilizado como referencia.

Materiales y equipos utilizados

Se emplearon los siguientes materiales y equipos:

- Placas Petri de 9 cm de diámetro.
- Agar bacteriológico, glucosa y ácido láctico al 10 %.
- Productos amiláceos: papa, camote, yuca, trigo, maíz y cebada.

- Autoclave, balanza analítica, mechero Bunsen y microscopio óptico.
- Agua destilada y material de laboratorio estéril.

Preparación de los medios alternativos

Cada medio alternativo se preparó utilizando 200 gramos del producto base (papa, camote, yuca, trigo, maíz o cebada), los cuales fueron lavados, pelados y cortados en trozos pequeños. Posteriormente, se hirvieron en un litro de agua destilada durante 30 minutos.

El extracto obtenido se filtró y se añadieron 20 gramos de glucosa y 15 gramos de agar bacteriológico por litro de medio.

El pH fue ajustado a $5,6 \pm 0,2$ con ácido láctico al 10 %. Los medios fueron esterilizados en autoclave a 121 °C durante 15 minutos, y luego vertidos en placas de Petri estériles.

El medio Agar Sabouraud se utilizó como control, siguiendo las especificaciones estándar de laboratorio.

Procedimiento de muestreo

El muestreo del aire se realizó mediante el método gravimétrico de sedimentación de Omeliansky. Las placas se colocaron abiertas a una altura de 1,5 metros del suelo, durante un tiempo de exposición de 10 minutos, dentro del laboratorio, en condiciones ambientales normales (sin flujo de aire externo).

Cada medio fue ensayado por triplicado, utilizando tres placas por tipo de medio, para un total de 21 placas.

Las placas se incubaron a 25 °C durante 72 horas en posición invertida. Posteriormente, se realizó el conteo de colonias y el registro de características morfológicas.

Identificación macroscópica y microscópica

Las colonias desarrolladas fueron observadas macroscópicamente, registrando color, textura, aspecto del borde y pigmentación del reverso. Luego se efectuó la identificación microscópica mediante la técnica de cinta adhesiva y la tinción con azul de lactofenol, para la observación de estructuras reproductivas.

La identificación se realizó a nivel de género, basándose en las claves taxonómicas utilizadas en el laboratorio, siguiendo el procedimiento descrito en la tesis original.

Cálculo de la densidad fúngica

La densidad fúngica se expresó en unidades formadoras de colonias por metro cúbico (UFC/m³), aplicando la fórmula de Omeliansky (1909):

$$N = \frac{5 \times 10^4 \times a}{b \times t}$$

donde:

- N = número estimado de colonias por metro cúbico de aire,
- a = número de colonias contadas en la placa,
- b = área de la placa en cm²,
- t = tiempo de exposición en minutos.

Análisis de datos

Los resultados fueron tabulados en hojas de cálculo y se obtuvieron medidas de tendencia central (promedio y desviación estándar).

Para evaluar la diferencia en el rendimiento de los medios, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Asimismo, se calculó el índice de similitud de Jaccard (ISJ) entre los medios alternativos y el Agar Sabouraud, con el fin de determinar la correspondencia entre los géneros fúngicos aislados.

Resultados y Discusión

Resultados

Durante el periodo de muestreo se evidenció crecimiento de colonias fúngicas en todos los medios evaluados. La densidad total obtenida fue variable según el tipo de medio empleado.

El Agar Sabouraud presentó la mayor densidad promedio (693,3 UFC/m³), seguido por los medios elaborados con papa (642,7 UFC/m³) y camote (623,3 UFC/m³). Los medios elaborados con cebada (505,3 UFC/m³) y trigo (462,0 UFC/m³) mostraron valores intermedios, mientras que los medios de yuca (303,3 UFC/m³) y maíz (172,5 UFC/m³) presentaron el menor crecimiento fúngico.

Tabla 1. Densidad promedio de hongos por tipo de medio de cultivo

Tipo de medio	Promedio (UFC/m³)	Desviación estándar	Densidad relativa (%)
Agar Sabouraud	693,3	34,5	20,4
Agar de papa	642,7	31,2	18,9
Agar de camote	623,3	28,8	18,3
Agar de cebada	505,3	26,4	14,8
Agar de trigo	462,0	25,1	13,6
Agar de yuca	303,3	19,4	8,9
Agar de maíz	172,5	16,8	5,1
Total general	3 402,4	—	100

Los resultados del análisis de ANOVA de un factor mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los distintos medios de cultivo, evidenciando que el tipo de medio influye en la cantidad de colonias fúngicas obtenidas.

El análisis post-hoc de Tukey HSD indicó que el Agar Sabouraud difiere significativamente de los medios elaborados con maíz y yuca, pero no presenta diferencias significativas con los medios elaborados con papa y camote, lo cual sugiere una eficacia similar entre ellos.

En cuanto a la identificación morfológica, se aislaron los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Rhizopus* y *Mucor*, los cuales fueron los más representativos en la mayoría de medios evaluados.

El Agar de papa y el Agar de camote permitieron el crecimiento de una mayor diversidad de géneros, siendo similares al Agar Sabouraud. En cambio, los medios elaborados con maíz y yuca presentaron menor variedad de colonias, lo cual coincide con su menor rendimiento general.

Los resultados del índice de similitud de Jaccard (ISJ) mostraron que los medios alternativos de papa y camote alcanzaron los valores más altos de similitud con el Agar Sabouraud (ISJ = 0,87 y 0,82, respectivamente), mientras que los medios de maíz y yuca obtuvieron los valores más bajos (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de similitud de Jaccard entre el Agar Sabouraud y los medios alternativos

Medio alternativo	Géneros comunes	Géneros totales	ISJ (%)
Agar de papa	13	15	86,7
Agar de camote	12	14	82,1
Agar de cebada	10	14	71,4
Agar de trigo	9	13	69,2
Agar de yuca	6	12	50,0
Agar de maíz	5	11	45,4

Discusión

Los resultados obtenidos confirman que el Agar Sabouraud continúa siendo el medio más eficaz para el aislamiento y crecimiento de hongos ambientales, debido a su composición rica en glucosa y pH ácido, que favorecen el desarrollo micelial y la esporulación.

Sin embargo, los medios elaborados con papa y camote demostraron un rendimiento comparable, tanto en la densidad de colonias como en la diversidad de géneros aislados.

Esto sugiere que estos productos amiláceos pueden constituir alternativas viables y sostenibles al Agar Sabouraud, especialmente en laboratorios donde los recursos económicos son limitados.

Los medios de cebada y trigo mostraron una eficacia intermedia, lo cual podría relacionarse con su menor concentración de carbohidratos disponibles, mientras que los medios de yuca y maíz mostraron un bajo rendimiento, probablemente debido a su composición química y la presencia de almidones menos solubles.

En general, los medios alternativos evaluados demostraron que es posible utilizar productos naturales locales para la elaboración de sustratos de cultivo fúngico, sin afectar significativamente la representatividad ecológica del muestreo aeromicológico.

Estos resultados respaldan la hipótesis de que la papa y el camote pueden ser considerados sustitutos parciales del Agar Sabouraud, con ventajas económicas y ecológicas. Además, evidencian la importancia de desarrollar tecnologías accesibles para el estudio de hongos ambientales en regiones donde los insumos importados tienen un alto costo.

Conclusiones

1. Los medios de cultivo alternativos elaborados con papa (*Solanum tuberosum*) y camote (*Ipomoea batatas*) presentaron un rendimiento similar al Agar

Sabouraud en el aislamiento de hongos ambientales, tanto en la densidad de crecimiento como en la diversidad de géneros identificados.

2. Los medios elaborados con cebada y trigo mostraron resultados intermedios, mientras que los medios a base de yuca (*Manihot esculenta*) y maíz (*Zea mays*) registraron un menor desarrollo fúngico, posiblemente debido a su composición amilácea menos soluble.
3. Los géneros fúngicos predominantes aislados fueron *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Rhizopus* y *Mucor*, los cuales se presentaron en la mayoría de los medios, evidenciando la adaptabilidad de estos microorganismos a diferentes fuentes nutricionales.
4. Se determinó que el Agar de papa y el Agar de camote son alternativas eficaces, sostenibles y de bajo costo frente al Agar Sabouraud, especialmente para laboratorios educativos o de investigación con recursos limitados.
5. Se recomienda continuar con estudios que incorporen otros productos naturales locales y evaluar parámetros adicionales como el pH, la concentración de nutrientes y la estabilidad de los medios en el tiempo, para optimizar su uso en investigaciones aeromicológicas.

Referencias

- Aguilar, S. (2019). *Evaluación de la calidad microbiológica del aire en ambientes hospitalarios*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (4th ed.). APS Press.
- Castillo, M., & Rojas, A. (2020). *Determinación de la carga fúngica ambiental en laboratorios de biología*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Gómez, P., & Fernández, L. (2018). *Medios de cultivo alternativos para el crecimiento de hongos ambientales*. *Revista de Microbiología Aplicada*, 12(2), 33–40.
- Omeliansky, W. (1909). *A method of determining the number of microbes in the air*. *Journal of Hygiene*, 9, 619–623.
- Ruiz, C., & Quispe, J. (2022). *Eficiencia de productos amiláceos locales en la elaboración de medios de cultivo microbiológico*. *Revista Peruana de Biociencias*, 8(1), 21–29.
- Torres, M., & Gavilán, S. (2023). *Análisis aeromicológico en ambientes universitarios del sur del Perú*. *Boletín de Ciencias Biológicas*, 15(3), 45–53.
- Watanabe, T. (2010). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. CRC Press.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°0138-2025-UNSCH-EPG/OGH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado – UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución De Consejo Directivo N°109-2024-UNSCH-EPG/CD, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

AUTOR	Bach. Maria Victoria VILCHEZ MALCA
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS	MAESTRÍA EN CIENCIAS
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO	MAESTRO(A) EN CIENCIAS, MENCIÓN MICROBIOLOGÍA
TÍTULO DE TESIS	Eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	8% de similitud
N° DE TRABAJO	2814583581
FECHA	14 de noviembre de 2025

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que crea conveniente.

14 de noviembre de 2025.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Oscar Gutiérrez Huamani
Director (e)

Eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024

por Maria Victoria VILCHEZ MALCA

Fecha de entrega: 14-nov-2025 08:11a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2814583581

Nombre del archivo: TESIS_MARIA_VICTORIA_VILCHEZ_MALCA_COMPLETO.docx (2.3M)

Total de palabras: 14889

Total de caracteres: 86638

Eficacia de medios de cultivo alternativos al Agar Sabouraud, elaborados con productos amiláceos para el estudio de la aeromicrología, Ayacucho 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

www.lifeder.com

Fuente de Internet

1%

3

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

6

datospdf.com

Fuente de Internet

<1%

7

oldri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1%

8

actauniversitaria.ugto.mx

Fuente de Internet

<1%

9

dspace.ups.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

10

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1%

11

ridaa.unq.edu.ar

Fuente de Internet

<1%

12

Submitted to Universidad TecMilenio

Trabajo del estudiante

<1%

13

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

14

www.sciencegate.app

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO(A) EN CIENCIAS, MENCIÓN MICROBIOLOGÍA
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°00810-2025-UNSCH-EPG/D.**

Siendo las 04:00 p.m. del 17 de setiembre de 2025 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis, presidido por el **Dr. OSCAR GUTIERREZ HUAMANI** Director (e) de la Escuela de Posgrado, el **Dr. WALTER WILFREDO OCHOA YUPANQUI** Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad Ciencias Biológicas, e integrado por los siguientes miembros: **Dra. ROSA GUEVARA MONTERO** y el **Dr. JESUS JAVIER ÑACCHA URBANO**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **EFICACIA DE MEDIOS DE CULTIVO ALTERNATIVOS AL AGAR SABOURAUD, ELABORADOS CON PRODUCTOS AMILÁCEOS PARA EL ESTUDIO DE LA AEROMICROLOGÍA, AYACUCHO 2024**, presentado por la **Bach. MARIA VICTORIA VILCHEZ MALCA**. Teniendo como asesor al **Dr. SERAPIO ROMERO GAVILAN**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS, MENCIÓN MICROBIOLOGÍA**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por la graduanda.

A continuación, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: Dieciséis (16).

CALIFICACION (x)

Aprobado(a) por Unanimidad.	<input checked="" type="checkbox"/>
Aprobado(a) por Mayoría.	<input type="checkbox"/>
Desaprobado(a) por Unanimidad.	<input type="checkbox"/>
Desaprobado(a) por Mayoría.	<input type="checkbox"/>

(x) Marcar con aspa.

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue a la **Bach. MARIA VICTORIA VILCHEZ MALCA**, el Grado Académico de **MAESTRO(A) EN CIENCIAS, MENCIÓN MICROBIOLOGÍA**. Siendo las..... 6 y 5 pmhrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las..... 6 y 5 pmhrs. del 17 de setiembre de 2025.

.....
Dr. OSCAR GUTIERREZ HUAMANI
Director(e) de la Escuela de Posgrado.

.....
Dr. WALTER WILFREDO OCHOA YUPANQUI
Director de la UPG-FCB

.....
Dra. ROSA GUEVARA MONTERO
Miembro.

.....
Dr. JESUS JAVIER ÑACCHA URBANO
Miembro.

.....
Dr. JOSE ALARCON GUERRERO
Secretario Docente.

Observaciones:

.....
.....
.....