

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

**COMPARACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO Y ANTIFÚNGICO DEL
EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE HOJAS DE PALTA FUERTE**

**(*Persea americana*) in vitro FRENTE A VANCOMICINA,
NITROFURANTOINA Y NISTATINA RESPECTO A
LAS CEPAS DE *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538),
Escherichia coli (ATCC 25922) Y *Candida*
albicans (ATCC 10231)**

TESIS

Presentada por:

Bach. Káterin Del Rosario Flores León

Para optar el Título Profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

TACNA- PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

COMPARACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO Y ANTIFÚNGICO DEL
EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE HOJAS DE PALTA FUERTE
(*Persea americana*) *in vitro* FRENTE A VANCOMICINA,
NITROFURANTOINA Y NISTATINA RESPECTO A LAS
CEPAS DE *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538),
Escherichia coli (ATCC 25922) Y *Candida*
albicans (ATCC 10231)

TESIS


Presentada por:


Bach. KÁTERIN DEL ROSARIO FLORES LEÓN


Para optar el Título Profesional de:


QUÍMICO FARMACÉUTICO

Aprobada por UNANIMIDAD, ante el siguiente jurado.


Mgr. Orlando Agustín Rivera Benavente
Presidente


Mgr. Juan Carlos Efraín Cervantes Zegarra
Miembro


M.Sc. Juan José Vargas Mamani
Miembro


M.Sc. Juan José Vargas Mamani
Asesor

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **MSc. JUAN JOSÉ VARGAS MAMANI** en mi condición de asesor acreditado por la RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 13300-2024-FACS-UNJBG, de la tesis de Investigación titulada: "**COMPARACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO Y ANTIFÚNGICO DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE HOJAS DE PALTA FUERTE (*Persea americana*) in vitro FRENTE A VANCOMICINA, NITROFURANTOINA Y NISTATINA RESPECTO A LAS CEPAS DE *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922) Y *Candida albicans* (ATCC 10231)**" presentado por la Bach. **KÁTERIN DEL ROSARIO FLORES LEÓN** para optar el título profesional de **QUÍMICO FARMACÉUTICO**.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN**, cuenta con el nivel permitido con un porcentaje de 14%.

Por lo que **CERTIFICO LA SIMILITUD** de SIMILITUD BAJA de la tesis estando de acuerdo al **NIVEL PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.


Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico.

Tacna, 12 diciembre del 2025



.....
ASESOR

MSc. Juan José Vargas Mamani
DNI N° 42224279



.....
TESISTA

Bach. Káterin Del Rosario Flores León
DNI N° 76186386



DEDICATORIA

A Dios quien me bendijo con esta vida y permitió que lograra terminar mi carrera profesional que anhele desde pequeña.

A mis padres, Tomas Flores Flores y Jenny Luisa León Peralta quienes me dieron todo su apoyo, sabiduría y amor en toda mi vida.

A mi hermana, abuelos, tíos y primos quienes depositaron su confianza en mi persona alentándome en realizar mis metas.

A mi pareja, que me brindó sus constantes ánimos; por ser mi motor, mi calma y mi compañía en cada momento difícil.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, que es mi alma mater, por los conocimientos obtenidos, el apoyo proporcionado durante toda mi trayectoria y la formación académica.

Expreso mi profundo agradecimiento al M.Sc. Juan José Vargas Mamani, mi asesor de tesis, por su constante orientación, paciencia y disposición. Sus observaciones y sugerencias fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Agradezco al Biol. y Microbiol. Edwin Obando, de la Escuela Profesional de Biología y Microbiología, por su apoyo y colaboración.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Descripción del problema	4
1.2. Formulación del problema	8
1.2.1. Problema Principal	8
1.2.2. Problemas específicos	8
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación	10
1.4. Alcances y Limitaciones	12
1.4.1. Alcances	12
1.4.2. Limitaciones	12
1.5. Objetivos	13

1.5.1. Objetivo General	13
1.5.2. Objetivos Específicos	13
1.6. Hipótesis.....	14
1.6.1. Hipótesis General.....	14
1.6.2. Hipótesis Específicas	14
1.7. Variables	15
1.7.1. Variable Independiente	15
1.7.2. Variable Dependiente.....	16
1.8. Indicadores.....	16
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del estudio.....	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales	18
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	21
2.2. Bases Teóricas	24
2.2.1. Nombre científico	24
2.2.2. Nombre vulgar.....	24
2.3. Clasificación botánica	24
2.4. Distribución	25
2.5. Descripción	25
2.6. Composición Química.....	26
2.6.1. Flavonoides	28
2.6.2. Saponinas	28
2.6.3. Alcaloides.....	29

2.6.4. Taninos	30
2.6.5. Compuestos fenólicos	31
2.6.6. Triterpenos y esteroides.....	31
2.6.7. Quinonas.....	32
2.7. Extracto hidroalcohólico de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).....	33
2.8. Cepas bacterianas y fúngicas utilizadas	35
2.8.1. <i>Staphylococcus aureus</i>	35
2.8.2. <i>Escherichia coli</i>	35
2.8.3. <i>Candida albicans</i>	36
2.9. Fármaco patrón: Vancomicina, Nitrofurantoina y Nistatina	38
2.9.1. Vancomicina	38
2.9.2. Nitrofurantoina	39
2.9.3. Nistatina.....	40
2.10. Definición de Términos	41
2.10.1. Actividad Antibacteriana	41
2.10.3. Cepa.....	42
2.10.4. Concentración Mínima Bactericida (CMB)	42
2.10.5. Concentración Mínima Fungicida (CMF)	42
2.10.6. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)	43
2.10.7. Disco de Sensibilidad	43
2.10.8. Efecto Antibacteriano	44
2.10.9. Efecto Antifúngico	44
2.10.10. Halo de Inhibición.....	44
2.10.11. <i>In vitro</i>	45
2.10.12. Marcha Fitoquímica.....	45
2.10.13. Medio de Cultivo.....	45

2.10.14. Método de dilución en caldo.....	46
2.10.15. Método de Kirby-Bauer	46
2.10.16. Método de MacFarland	47
CAPÍTULO III.....	48
MARCO METODOLÓGICO.....	48
3.1. Tipo y diseño de la investigación	48
3.1.1. Tipo de Investigación	48
3.1.2. Diseño de la Investigación	49
3.1.3. Nivel de Investigación	49
3.2. Población y muestra	50
3.2.1. Población	50
3.2.2. Muestra.....	50
3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	50
3.3.1. Método de extracción del compuesto de la planta.....	50
3.3.2. Filtración, análisis fitoquímico y preparación de concentraciones	52
3.3.3. Marcha Fitoquímica	53
3.3.4. Evaluación del efecto antibacteriano de la planta.....	57
3.3.4.1. Cepa.....	57
3.3.4.2. Antibiótico.....	57
3.3.5. Método para la detección del efecto antibacteriano y antifúngico	58
.....	58
3.3.5.1. Preparación de los discos de sensibilidad antibacteriana.....	58

3.3.5.2. Preparación de concentraciones correspondientes al extracto hidroalcohólico de la variedad Fuerte (<i>Persea americana</i>)	58
3.3.5.3. Activación y preparación del inóculo de las cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538), <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) y <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231)	59
3.3.5.4. Método de Kirby-Bauer.....	61
3.3.5.4.1. Nefelometría de McFarland	61
3.3.5.4.2. Siembra y Lectura.....	61
3.3.5.5. Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)	62
3.3.5.6. Determinación de la Concentración Mínima Bactericida (CMB)	63
3.3.5.7. Determinación de la Concentración Mínima Fungicida (CMF)	64
3.4. Materiales e Instrumentos.....	66
3.4.1. Materiales	66
3.4.2. Instrumentos	69
3.4.2.1. Técnica de análisis de datos.....	69
3.5. Procesamiento de datos	69
CAPÍTULO IV.....	70
RESULTADOS.....	70
Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Escherichia coli</i>	96
Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Candida albicans</i>	102
Concentración Mínima Bactericida (CMB)	108
Evaluación Fitoquímica del extracto foliar de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>)	111

DISCUSIÓN	113
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES.....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ANEXOS.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición Operacional de las variables.....	17
Tabla 2. Taxonomía botánica de la planta.....	24
Tabla 3. Resultados de la actividad antifúngica del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.	70
Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson del promedio del diámetro de halo de inhibición de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) frente a la concentración del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).....	72
Tabla 5. Interpretación de la sensibilidad del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) utilizando la escala de Duraffourd y Lapraz.....	74
Tabla 6. Actividad antifúngica del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) y Nistatina <i>in vitro</i> frente <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer	76
Tabla 7. Prueba de normalidad de halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente a <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).	79
Tabla 8. Estadística ANOVA para cada concentración del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) con	

sus halos de inhibición correspondientes frente a <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).	81
Tabla 9. Resultados de la actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).....	82
Tabla 10. Coeficiente de correlación de Pearson del promedio de diámetro de halo de inhibición de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) frente a la concentración del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).....	84
Tabla 11. Interpretación de la sensibilidad del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) utilizando la escala de Duraffourd y Lapraz frente <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).....	86
Tabla 12. Actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) y Nitrofurantoina <i>in vitro</i> frente <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer	88
Tabla 13. Prueba de normalidad de halos de inhibición del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente <i>Escherichia coli</i> (ATC 25922).	91
Tabla 14. Estadística ANOVA para cada concentración del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) con sus halos de inhibición correspondientes frente a <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).	93
Tabla 15. Actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) y vancomicina <i>in vitro</i> frente	

<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.....	94
Tabla 16. Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) frente a cepas de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)...	98
Tabla 17. Concentraciones de tubos de 80 % al 100 % con volumen, porcentaje y ml diluidos de la cepa de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).....	100
Tabla 18. Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) frente a cepas de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).	104
Tabla 19. Concentraciones de tubos de 60 al 100 % con volumen, porcentaje y ml diluidos de la cepa de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>)	26
Figura 2. Árbol del pálto (<i>Persea americana</i>).....	27
Figura 3. Diseño Experimental	56
Figura 4. Actividad antifúngica del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.....	71
Figura 5. Dispersión y correlación lineal del promedio de diámetro de halo de inhibición de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) frente a la concentración del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).....	73
Figura 6. Interpretación de la sensibilidad del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) utilizando la escala de Duraffourd y Lapraz frente a <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231). .	75
Figura 7. Actividad antifúngica del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) y Nistatina <i>in vitro</i> frente <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer	77
Figura 8. Resultados de la actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer	83

Figura 9. Dispersión y correlación lineal del promedio de diámetro de halo de inhibición de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) frente a la concentración del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).....	85
Figura 10. Interpretación de la sensibilidad del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) utilizando la escala de Duraffourd y Lapraz.....	87
Figura 11. Actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) y nitrofurantoína <i>in vitro</i> frente <i>Escherichia coli</i> (ATC 25922) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.	89
Figura 12. Actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) y vancomicina <i>in vitro</i> frente <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.	95
Figura 13. Representación gráfica de tubos de ensayo de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).	96
Figura 14. Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) frente a cepas de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231). 99	
Figura 15. Ensayo de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).	101
Figura 16. Representación gráfica de tubos de ensayo de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231)..	103
Figura 17. Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del	

extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) frente a cepas de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).	105
Figura 18. Ensayo de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).	107
Figura 19. Placa Petri sembrada con tubos de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).	109
Figura 20. Placas Petri sembradas con tubo de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).	110

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	144
Anexo 2. Constancia de reconocimiento de la especie <i>Persea americana</i>	146
Anexo 3. Recolección y secado de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>)	147
Anexo 4. Trituración y preparado de extracto de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).....	148
Anexo 5. Preparación de materiales y medios de cultivo en placas, en tubos de ensayo y viales.....	152
Anexo 6. Preparación de discos y filtración de extracto hidroalcohólico	155
Anexo 7. Resultados del análisis fitoquímico del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).....	158
Anexo 8. Preparación de las concentraciones del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).	159
Anexo 9. Realización de método de Kirby-Bauer de <i>Candida albicans</i>	162
Anexo 10. Realización de método de Kirby-Bauer de <i>Escherichia coli</i> .	166
Anexo 11. Realización de método de Kirby-Bauer de <i>Staphylococcus</i>	

<i>aureus</i>	170
Anexo 12. Realización de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)...	174
Anexo 13. Realización de Concentración Mínima Inhibitoria bactericida (CMB) y Concentración Mínima Fungicida (CMF).....	176

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la actividad antibacteriana y antifúngica del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) frente a antimicrobianos de referencia (vancomicina, nitrofurantoína y nistatina) frente a cepas patrón de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Candida albicans* (ATCC 10231). El extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) se obtuvo por maceración y luego se prepararon discos impregnados con concentraciones al 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %. Las pruebas microbiológicas se realizaron mediante el método Kirby - Bauer y se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), Bactericida (CMB) y Fungicida (CMF) en medios Agar Mueller Hinton y Agar Sabouraud.

Los resultados mostraron actividad antimicrobiana del extracto frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*, pero en menor medida que los fármacos de referencia. Sin embargo, no se observó actividad frente a *Staphylococcus aureus*. En actividad antibacteriana, utilizando el método de difusión en disco, la nitrofurantoína produjo un halo de inhibición en promedio de 33,62 mm, cantidad superior al halo de 22,24 mm del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) frente *Escherichia coli*. Igualmente, la nistatina desarrolló un halo de 28,04 mm en comparación del halo de 22,24 mm del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) frente a *Candida albicans*. Para *Staphylococcus aureus*, la vancomicina dio un halo de 16,9 mm, en tanto que este extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea*

americana) solo llegó a 6 mm, lo cual se interpreta como ausencia de actividad antimicrobiana.

Otro resultado importante fue que, a mayor concentración del extracto, mayor fue la actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* y *Candida albicans*. En ambos casos, el extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*) mostró actividad antibacteriana/antifúngica.

Se confirmó que la CMI, CMB y CMF del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*) coincidieron en 1,2432 mg/ml (93,33 %) para *Escherichia coli* y 1,036 mg/ml (77 %) para *Candida albicans*. Se concluye que el extracto no supera en eficacia a los antimicrobianos de referencia, pero posee actividad antibacteriana y antifúngica, lo que apoya su uso como agente fitoterapéutico.

Palabras clave: *Escherichia coli*, *Candida albicans*, actividad antibacteriana, actividad antifúngica, *Persea americana*

ABSTRACT

The objective was to evaluate the antibacterial and antifungal activity of a hydroalcoholic extract of Fuerte avocado (*Persea americana*) leaves against reference antimicrobials (vancomycin, nitrofurantoin, and nystatin) using standard strains of *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922), and *Candida albicans* (ATCC 10231). The extract was obtained by maceration, and then discs impregnated with concentrations of 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, and 100 % were prepared. Microbiological tests were performed using the Kirby-Bauer method, and the Minimum Inhibitory Concentration (MIC), Bactericidal Concentration (MBC), and Fungicidal Concentration (FMC) were determined on Mueller-Hinton and Sabouraud agar media.

The results showed antimicrobial activity of the extract against *Escherichia coli* and *Candida albicans*, but to a lesser extent than the reference drugs. However, no activity was observed against *Staphylococcus aureus*. In antibacterial activity, using the disk diffusion method, nitrofurantoin produced an average inhibition zone of 33,62 mm, larger than the 22,24 mm zone of the hydroalcoholic extract of Fuerte avocado (*Persea americana*) leaves against *Escherichia coli*. Similarly, nystatin developed a zone of 28,04 mm compared to the 22,24 mm zone of the hydroalcoholic extract of Fuerte avocado (*Persea americana*) leaves against *Candida albicans*. For *Staphylococcus aureus*, vancomycin produced a zone of inhibition of 16,9 mm, while this hydroalcoholic extract of Fuerte avocado leaves (*Persea*

americana) only reached 6 mm, which is interpreted as a lack of antimicrobial activity.

Another important result was that the higher the concentration of the extract, the greater the antimicrobial activity against *Escherichia coli* and *Candida albicans*. In both cases, the hydroalcoholic extract of Fuerte avocado leaves (*Persea americana*) showed antibacterial/antifungal activity.

The MIC, MBC, and MFC of the hydroalcoholic extract of Fuerte avocado leaves (*Persea americana*) were confirmed to be 1,2432 mg/ml (93,33 %) for *Escherichia coli* and 1,036 mg/ml (77 %) for *Candida albicans*. It is concluded that the extract does not surpass the reference antimicrobials in efficacy, but it does possess antibacterial activity. antifungal, which supports its use as a phytotherapeutic agent.

Keywords: *Escherichia coli*, *Candida albicans*, antibacterial activity, antifungal activity, *Persea americana*.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las infecciones bacterianas representan una preocupación debido al elevado porcentaje mostrado en la resistencia hacia los antibióticos utilizados normalmente para tratarlas. Esto significa que hay menos antibióticos que son efectivos. Específicamente con respecto a *Escherichia coli*, que presenta resistencia a las fluoroquinolonas, grupo de antibióticos que sirven de tratamiento para infecciones urinarias, que son muy frecuentes, especialmente en mujeres. Asimismo, *Staphylococcus aureus*, que, a pesar de pertenecer a la microbiota de nuestro organismo, es un caso común de infecciones. Los sujetos infectados con la cepa de *Staphylococcus aureus* con resistencia a la meticilina (SARM) tenían el riesgo de mortalidad en un 64 % mayor que los que sufrían infecciones sensibles a los fármacos. Por lo tanto, es necesaria una continua investigación, obteniendo información validada para la obtención de nuevos antibióticos, y así mejorar las condiciones de vida de la población en materia sanitaria. (1)

Desde una perspectiva diferente, es crucial destacar que, entre todos los microorganismos que pueden resultar perjudiciales para la salud humana, los hongos recibieron tradicionalmente menor enfoque en la investigación con baja atención de parte de las iniciativas de salud pública, tanto en la escala local como global. La relevancia médica de las enfermedades fúngicas ha experimentado un notable incremento en tiempos recientes.

Actualmente estimaciones consideran la existencia de varios millones de diagnósticos confirmados sobre enfermedades causadas por hongos en seres humanos. Aquello representa un efecto perjudicial hacia la salud pública. (2)

El comúnmente denominado palta (*Persea americana*), conocida frecuentemente como aguacate, es altamente solicitada a nivel global debido a sus propiedades alimenticias, específicamente en sus considerables concentraciones de proteínas, aceites insaturados y la carencia de colesterol. El mercado exportador de palta peruana registró una notable expansión en el comercio internacional, aquel boom posicionó al Perú en la posición de segundo mayor exportador a nivel global. Además, posee numerosos beneficios medicinales derivados de la medicina tradicional, que afirma que las hojas frescas alivian los problemas bucales y de encías, los abscesos, las secreciones y las caries. Esta especie también es empleada en la medicina tradicional como un eficaz diurético, útil en el manejo de diversas afecciones inflamatorias. Además, se le reconoce por sus propiedades sedantes y su capacidad para estimular la función hepática. Asimismo, se ha evidenciado su efectividad de control frente a las afecciones de la micosis y diversas infecciones parasitarias. (3)(4)(5)

Por lo anteriormente expuesto, el presente estudio tiene como objetivo comprobar la eficacia del extracto hidroalcohólico de las hojas de la palta Fuerte, realizando pruebas *in vitro*, comparando efecto frente a cepas bacterianas y fúngicas como la *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y

Candida albicans. Sin duda alguna, la presente investigación brindaría información necesaria para considerar como alternativa terapéutica con actividad antibacteriana y antifúngica frente a las cepas de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*.

Para ello, se realizó una comparación directa con antimicrobianos convencionales como la nitrofurantoína, vancomicina y nistatina, con el fin de establecer el nivel relativo de actividad del extracto frente a agentes terapéuticos ya consolidados. Esta comparación permite determinar si el extracto podría representar una alternativa terapéutica viable o complementaria en el tratamiento de infecciones causadas por dichas cepas. Para alcanzar el objetivo, la investigación se dividió en capítulos; en el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, objetivos y la determinación de variables; en el capítulo II se describe el marco teórico desde antecedentes nacionales e internacionales hasta fundamentación teórica relacionada sobre la palta Fuerte (*Persea americana*), extracto de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*), pruebas *in vitro*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. Seguidamente, en el capítulo III, el marco metodológico; en el capítulo IV, finalmente resultados, interpretación, conclusiones, discusión, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Los casos de resistencia bacteriana representan un problema importante en la salud pública mundial, impactando severamente el tratamiento ambulatorio y hospitalario de diversas infecciones. Con el pasar del tiempo va incrementando, limitando de manera progresiva las posibilidades de indicar antibióticos que anteriormente eran activos; de esta forma incrementa los casos de mortalidad y morbilidad causadas por enfermedades infecciosas. Aún con los esfuerzos de la industria farmacéutica por modificar diversas estructuras de fármacos para producir antibióticos, la disponibilidad de estos antibióticos es insuficiente debido al aumento de cepas resistentes a diversos antibióticos. (6)

En Perú, se recopiló datos de Pubmed, ScienceDirect y SCOPUS, revelando que cepas de *Staphylococcus aureus* mostró una resistencia del 84 % a la meticilina, del 99 % a la penicilina, del 80 % a la eritromicina y del 75 % a la clindamicina. Por otro lado, para los casos de cepas *Escherichia coli*, la resistencia bacteriana mostrada hacia la ampicilina superó el 80 %, mientras que la resistencia a las fluoroquinolonas sobrepasó el 60 %. La prevalencia de elevados casos de resistencia antibacteriana comprometerá la salud y disminuirá el nivel de bienestar de vida de los peruanos. (7)

De acuerdo con un documento difundido por parte de la Organización Mundial de la Salud (por sus siglas OMS), se ha elaborado un listado priorizado de hongos patógenos con la finalidad de establecer directrices sobre la toma de acción en lo referente a investigación y la salud pública, están dirigidas a combatir las infecciones provocadas por dichos microorganismos. Destaca entre los microorganismos *Candida albicans*, el cual es reconocido como un patógeno de vital importancia debido a su habilidad para provocar enfermedades graves e invasivas. (8)

La atención médica hacia estas afecciones se vio intensificada en diversos escenarios debido al incremento de resistencia hacia medicamentos utilizados para tratar los casos de infección fúngica. Aquella situación es crítica debido a que hay una carencia de los medios para diagnósticos y tratamientos accesibles.

A ello se suma la existencia considerable de escasos en la disponibilidad de medicamentos variados y la relativa falta de investigación y desarrollo (I+D) en nuevos compuestos a futuro (8)

En el Perú, existen pocos estudios sobre las propiedades antibacterianas a pesar de que exista una posición relevante en la exportación (segundo exportador mundial) de la palta fuerte (*Persea americana*); principalmente se investiga en lo que respecta a su cáscara y semillas, mas no a sus hojas, que según trabajos de investigación demuestran que existe una bioactividad en los extractos de hojas de palta contra bacterias y hongos patógenos humanos, demostrando su potencial como agente antimicrobiano. (9)(10)

De manera específica y detallada, los hallazgos de diferentes estudios científicos revelaron que esta planta, *Persea americana*, posee múltiples virtudes biológicas, tales como propiedades antivirales, antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias, antihiperglucémicas, analgésicas, antiulcerosas, hipertensivas, antihepatotóxicas, anticonvulsivas, vasorrelajantes, y además tiene efectos sobre el peso corporal. Asimismo, diversos estudios toxicológicos llevados a cabo han arrojado resultados satisfactorios y prometedores. (10)(11)

Aquellas propiedades positivas y características se atribuyen en la literatura científica a la diversidad de fitoquímicos naturales como: los alcaloides, fenoles, saponinas, taninos y flavonoides. La planta americana, conocida por su nombre científico *Persea americana*, es una fruta rica en compuestos bioactivos para nuestro organismo en especial los ácidos grasos en su formas oleica y palmítica, así como de diversos minerales y vitaminas esenciales. (11)

Este estudio aspira a incentivar la investigación para posibles opciones de tratamiento antibacteriano y antifúngico en plantas mayormente producidas en Perú, dado el presente caso del extracto hidroalcohólico de hojas de la palta Fuerte (*Persea americana*), posee un vasto potencial para investigaciones en profundidad.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema Principal

¿Existe efecto antibacteriano y antifúngico del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente vancomicina, nitrofurantoina y nistatina respecto a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Candida albicans* (ATCC 10231)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538)?
- ¿Cuál será la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto frente hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente a las cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922)?
- ¿Cuál será la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Fungicida (CMF) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea*

americana) *in vitro* frente a las cepas de *Candida albicans* (ATCC 10231)?

- ¿El extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* supera la actividad antibacteriana y antifúngica de los antimicrobianos de referencia frente a las cepas *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Candida albicans* (ATCC 10231) y de *Escherichia coli* (ATCC 25922)?
- ¿Cuáles son los metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*)?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

Esta investigación elaborada pretende enfrentar la insuficiencia de antibacterianos, proponiendo a las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) como posibles fuentes de nuevas moléculas antibacterianas y antifúngicas. Adicionalmente, se llevarán a cabo análisis sobre los factores que podrían incidir sobre la propiedad antibacteriana y antifúngica del extracto hidroalcohólico de la variedad de palta Fuerte (*Persea americana*) frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. En concordancia con la OMS, estos se consideran de alta prioridad y representan una amenaza significativa. Estas clasificaciones orientan la dirección de futuras investigaciones y la creación de nuevos antibióticos y antifúngicos. (7)(12)

En la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, existe una notable escasez de estudios fitoquímicos sobre la palta Fuerte (*Persea americana*), lo que ha dado como resultado una investigación escasa sobre las hojas, semillas y frutos de esta planta. Es notable la ausencia de investigaciones acerca de las actividades antibióticas o antifúngicas de las hojas de palta en la ciudad de Tacna, a pesar de su amplio consumo en la región.

Además de sugerir una alternativa terapéutica y proporcionar información precisa y confiable, la aplicación de la presente

investigación se fundamenta en procedimientos viables y confiables. De esta forma, será beneficioso para la comunidad al servir como fundamento para investigaciones posteriores.

1.4. Alcances y Limitaciones

1.4.1. Alcances

El alcance del trabajo de investigación elaborado nos permitirá recabar información útil en materia de actividad antibacteriana y antifúngica de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) recolectadas en Moquegua y en base a los resultados encontrados se procede a detallar la explicación y asegurar la eficacia en el consumo en la terapéutica convencional en la población.

1.4.2. Limitaciones

Una de las limitaciones que resultaron más significativas de este estudio radica en la insuficiente disponibilidad de datos previos a nivel nacional provenientes de investigaciones que aborden específicamente lo relacionado a las cualidades antibacterianas y antifúngicas que presenta el extracto de hoja de palta. Otra limitación significativa que se identificó en el estudio fueron las limitaciones económicas por financiamiento, lo cual redujo la posibilidad de llevar a cabo pruebas exhaustivas o de adquirir tecnologías avanzadas que habrían permitido obtener datos más detallados y precisos. La necesidad del estudio actual se confirma con lo mencionado anteriormente.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar el efecto antibacteriano y antifúngico del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente vancomicina, nitrofurantoina y nistatina respecto a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Candida albicans* (ATCC 10231).

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538).
- Establecer la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto frente hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente a las cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922).
- Identificar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Fungicida (CMF) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente a las cepas de *Candida albicans* (ATCC 10231).

- Comparar la actividad antibacteriana y antifúngica del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* y los antimicrobianos de referencia frente a a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Candida albicans* (ATCC 10231) y de *Escherichia coli* (ATCC 25922).
- Determinar los metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*).

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Existe efecto antibacteriano y antifúngico del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente vancomicina, nitrofurantoina y nistatina respecto a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Candida albicans* (ATCC 10231).

1.6.2. Hipótesis Específicas

- El extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* posee una Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) frente a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538).

- El extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* posee una Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) frente a las cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922).
- El extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* posee una Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Fungicida (CMF) frente a las cepas de *Candida albicans* (ATCC 10231).
- El extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* presenta mayor actividad antibacteriana y antifúngica que los antimicrobianos de referencia frente a a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Candida albicans* (ATCC 10231) y de *Escherichia coli* (ATCC 25922).
- El extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*) presenta metabolitos secundarios detectables mediante análisis fitoquímico.

1.7. Variables

1.7.1. Variable Independiente

Extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*).

1.7.2. Variable Dependiente

Efecto Antibacteriano:

- Efecto bacteriostático sobre *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) y *Escherichia coli* (ATCC 25922).
- Efecto bactericida sobre *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) y *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Efecto Antifúngico:

- Efecto fungistático sobre *Candida albicans* (ATCC 10231).
- Efecto fungicida sobre *Candida albicans* (ATCC 10231).

1.8. Indicadores

- Concentraciones de extracto hidroalcohólico (20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %) utilizadas en las pruebas *in vitro*.
- Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), Concentración Mínima Bactericida (CMB) y Concentración Mínima Fungicida (CMF).

Tabla 1. Definición Tabular Operacional de variables del estudio

VARIABLE INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	VALOR
Extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).	Extracto obtenido mediante la maceración de hojas de la palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) dentro de una solución hidroalcohólica (agua y etanol).	Composición Fitoquímica	Diferentes concentraciones del extracto	Porcentaje del extracto :20%,40%, 60%,80% y 100%
VARIABLE DEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	VALOR
Efecto Antibacteriano:	Referido a la capacidad del extracto hidroalcohólico proveniente de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) para inhibir o suprimir el desarrollo microbiano.	Efecto Bacteriostático	Kirby Bauer CMI (Turbidez en el tubo)	Halo de inhibición (mm) CMI (mg/ul)
		Efecto Bactericida	Crecimiento de cepas en 3 placas petri	UFC /mL
Efecto Antifúngico:	Capacidad del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) de inhibir o suprimir la proliferación de hongos.	Efecto Fungistático	Kirby Bauer CMI (Turbidez en el tubo)	Halo de inhibición (mm) CMI (mg/ul)
		Efecto Fungicida	Crecimiento de cepas en 3 placas petri	UFC /mL

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Yusuf F. et al. (2023), en Indonesia, llevaron a cabo la investigación titulada “**Antibacterial Test Of Avocado Leaf Ethanol Extract (*Persea americana Mill*) ON *Staphylococcus aureus* Bacteria**”, en esta investigación analizaron la actividad antibacteriana del extracto etanólico procedente de hojas de aguacate (*Persea americana*) contra la bacteria de *Staphylococcus aureus*. En su composición fitoquímica presentan los flavonoides, taninos, saponinas y alcaloides. Los hallazgos mostraron que la aplicación del extracto con una concentración del 20 %, la zona de inhibición presentó un diámetro de 8,81 mm, lo que se considera un nivel intermedio. Con concentraciones del 40 %, 60 % y 80 %, la zona de inhibición presentó diámetros de 10,11 mm, 10,71 mm y 12,16 mm, respectivamente. Todas estas medidas se clasifican como de alta intensidad. En contraste, el grupo de control obtuvo un resultado positivo siendo 40 % de amoxicilina, catalogada como una opción efectiva con una medición de 10,2 mm. Para resumir, se ha verificado las acciones antibacterianas que presenta el extracto de hojas de aguacate sobre *Staphylococcus aureus*, mostrando que la capacidad de inhibición incrementa mientras que aumenta la concentración del extracto. (13)

Santos L. et al. (2021), en Brasil, realizaron su investigación nombrada “**Estudo fitoquímico e avaliação da atividade antibacteriana dos extratos das folhas de *Persea americana* Mill**”. Donde se evaluaron los extractos de hojas de *Persea americana* Mill para caracterizar su perfil fitoquímico y su actividad antimicrobiana. Identificaron algunos metabolitos secundarios como los flavonoides, cumarinas, saponinas y taninos mediante análisis fitoquímicos. La capacidad de los extractos de las hojas de *Persea americana* Mill fue examinada en solución acuosa agua y de etanol al 1 % para combatir bacterias, específicamente *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, por medio prueba de difusión en disco. El extracto acuoso mostró actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, sin embargo, en el caso del extracto etanólico no hubo efecto sobre las bacterias evaluadas. Encuentra que el extracto acuoso de hojas de *Persea americana* Mill alberga sustancias bioactivas que pueden inhibir la proliferación bacteriana de los tipos analizados. (14)

Sierra J. et al. (2020), en Colombia, ejecutaron la investigación titulada “**Evaluación de la actividad antimicrobiana *in vitro* de extractos de *Persea americana* (aguacate) variedad *Choquette* sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli***”; se utilizaron extractos disueltos en diferentes solventes orgánicos, posteriormente, para determinar la CMI y la Concentración Mínima Bactericida (CMB) se aplicó el método de placas de difusión de agar Mueller Hinton. Se presenció sensibilidad en *Staphylococcus aureus* a través de la adición en extractos de: cáscara-cloroformo, semilla-hexano y cáscara-acetato de etilo. Por otra parte, se encontraron halos para el caso de *Escherichia coli* al usar cáscaras extraídas con cloroformo y hexano. La

cáscara y la semilla presentaron actividad antimicrobiana, específicamente se encontraron valores de CMI y CMB de (1/2) 1 000 mg/ml para ambas bacterias. Por otro lado, no se hallaron actividades para el extracto de la pulpa de palta. Se recomienda realizar más estudios para identificar compuestos útiles en la cáscara y semilla del aguacate con potencial antimicrobiano para el desarrollo de nuevos fármacos. (15)

Vieira, D. et al. (2019), en Brasil, realizaron una investigación titulada “**Antioxidant and antibacterial activity and preliminary toxicity analysis of four varieties of avocado (*Persea americana Mill.*)**”; se evaluaron los componentes de la palta: cáscara, semilla y pulpa en las variedades *Quintal*, *Fortuna*, *Margarida* y *Hass* para determinar las propiedades antioxidantes, bactericida además de la toxicidad. Se evaluó la actividad antibacteriana contra patógenos alimentarios mediante pruebas de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Bactericida (CMB). La toxicidad fue evaluada a través de pruebas en *Artemia salina* y actividad hemolítica. Se encontraron mejores actividades bactericidas y antioxidantes en el extracto de etanol en cáscara de la variedad *Quintal*. Esto sugiere que podría ser un buen aditivo para la industria alimentaria. Además, se atribuye la actividad antimicrobiana al contenido fenólico del extracto, estableciendo una relación directa. (16)

Kavaz, D., Ogbonna, C. (2019), en Turquía, realizaron un estudio titulado “**Comparative study of biological activity and chemical composition of Methanolic and Ethanolic plant extracts of *Persea americana* leaves *in-vitro***”; se examinó tanto la actividad biológica como los perfiles químicos de extractos de hojas de *Persea americana* obtenidos

con etanol así como metanol. Se evaluó la acción antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* utilizando pruebas como la microdilución y el método de Kirby Bauer, y se observó una eficacia notable. Se resaltó la detección de los compuestos flavonoides, así como compuestos fenólicos; observando mayor presencia de componentes con el extracto metanol que el etanol. En *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* presentaron una CMI mínima de 50 mg/ml, ya que el extracto etanólico pudo inhibir su crecimiento a dicha concentración mientras que la CMI para el extracto etanólico de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* fue de 25 mg/mL. En base a los hallazgos se confirma la existencia de actividad antibacteriana sobre dichas cepas, y el rol destacado que tuvo el solvente involucrado. (17)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Alfaro, R.; Chachaque, J. (2023), en Lima, llevaron a cabo la investigación titulada **“Efecto antibacteriano *in vitro* del extracto etanólico del epicarpio de *Persea americana* (palta) frente a cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923)”**; se evaluó *in vitro* el extracto etanólico derivado del epicarpio de la *Persea americana* por su efecto antibacteriano frente a *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). Se realizaron pruebas microbiológicas y fitoquímicas en una muestra de cáscara de palta con resultados notables en actividad antibacteriana que presentó halos de inhibición de 23,12 mm, 18,86 mm y 16,96 mm para concentraciones del 75 %, 50 % y 25 %, respectivamente. Los hallazgos evidencian abundante concentración de antraquinonas, compuestos

fenólicos, taninos, antocianinas, así como flavonoides. Se desarrolló la marcha fotoquímica además del método microbiológico que consistió en la técnica de difusión en agar en pozos con diez repeticiones, conformada en grupos de 25 %, 50 %, 75 % y control (Ciprofloxacino 5 µg). El extracto etanólico tiene limitaciones frente a antibióticos convencionales, ya que su eficacia no alcanzó la de ciprofloxacino (5 µg), a pesar de presentar efectos positivos. (18)

McCormack Chacón KF (2019), en Trujillo, se realizó una investigación titulada "**Efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Persea americana* "palta" sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 comparado con Oxacilina estudio *in vitro***", en dicha investigación buscó encontrar los efectos antibacterianos del extracto etanólico de la palta o aguacate en su variante *Persea americana* sobre las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) comparado con oxacilina 10 µg *in vitro*. Por medio de un proceso de maderación se obtuvo el extracto, el cual fue sometido a cuatro diluciones correspondientes a 100 %, 75 %, 50 % y 25 %. Los efectos antibacterianos se evidenciaron a partir de la dilución al 50 % con un halo de inhibición observable de 15,00 mm. A nivel estadístico, los resultados mostraron un alto nivel de significancia ($p = 0,000$) en la prueba del análisis de varianza (ANOVA) para grupos homogéneos, aquello brinda resultados que confirman el efecto de inhibición: a mayor concentración del extracto aumenta dicho efecto, aunque no supera al efecto de oxacilina. (19)

Herrera F., Suarez N. (2022), en Huancayo, desarrollaron el estudio denominado **“Evaluación de la eficacia antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de *Persea americana* Mill. (Palta) frente a *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*”**. Los autores hallaron que el extracto presentó alta solubilidad en solventes polares y además evidenció presencia de compuestos como esteroides, taninos, fenólicos, flavonoides, y triterpenoides. Sin embargo, se encontró efectos antibacterianos poco significativos, evidenciado por halos de inhibición de tan solo 6 mm, los cuales fueron similares a los resultados con control negativo de las pruebas con agua destilada. Por lo tanto, llegaron a la conclusión de que el extracto de alcohol y agua de las hojas de *Persea americana* no presenta actividades antibacterianas importantes sobre las cepas evaluadas. (20)

Rivera Gonzales C.A. (2022), en Tacna, realizó la tesis titulada **“Actividad antimicótica *in vitro* del extracto hidroalcohólico de hojas de *Persea americana* (palta) frente a cepas de *Candida albicans*”**; se evaluó *in vitro* si las cepas de *Candida albicans* son afectadas por la actividad antimicótica del extracto hidroalcohólico presente en las hojas de palta. Se identificó en el análisis fitoquímico de esta investigación: flavonoides, compuestos fenólicos, taninos, esteroide y triterpenos. Se encontró que *Persea americana* en su forma de extracto en alcohol tiene un efecto que inhibe el desarrollo de *Candida albicans* concentrado a razón de 20,625 mg/ml, con un área de halo inhibitorio igual a 15,37625 mm. Estos resultados satisfacen los límites de sensibilidad según los valores de escala de Duraffourd - Lapraz. La CMF es de 21,669 mg/ml y la CMI es de 20,835 mg/ml. Basados en resultados, se halla que el extracto

hidroalcohólico de *Persea americana* sí ejerce acción antifúngica contra *Candida albicans*. (21)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Nombre científico

Persea americana

2.2.2. Nombre vulgar

Comúnmente referido como Palta fuerte

2.3. Clasificación botánica

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la especie botánica

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Magnoliidae</i>
Orden	<i>Lurales</i>
Familia	<i>Lauraceae</i>
Genero	<i>Persea</i>
Especie	<i>Persea americana</i> <i>var.bacon</i>

Fuente: Elaboración personal con referencia (22)

2.4. Distribución

En tiempos recientes y a nivel mundial se ha detectado un crecimiento sostenido en la producción y distribución de la palta, concentrándose especialmente en América Latina, donde México lidera, seguido por Colombia y Perú. Dentro de Perú, las regiones costeras como La Libertad, Lima, Ica, Arequipa, Tacna y Moquegua han cobrado notable relevancia. Por ejemplo, la producción de palta en Tacna aumentó 29,4 % y en Moquegua 14,2 % en el 2022 respecto a junio del año pasado, reflejando una expansión regional significativa. Este incremento en la producción y expansión geográfica responde a factores como la alta demanda internacional, mejoras tecnológicas y condiciones agroclimáticas favorables. (23)(24)

2.5. Descripción

El fruto denominado palta o aguacate pertenece a la especie *Persea americana* y a la familia *Lauraceae*. En términos formales, se trata de una baya monocárpica que exhibe una variación considerable en la morfología de sus partes (cáscara, la pulpa y la semilla). Forma parte de un árbol con alturas cercanas a 20 metros y una copa compacta, ya sea redondeada o elongada. Las ramas se presentan lisa con presencia de pubescencia o velloso, de tono glauco; las hojas presentan pecíolos estrechos entre 2 a 6 cm de longitud, de ovadas a elípticas que van desde los 10 hasta 30 cm de longitud de ápice agudo o acuminado, con base desigual de textura cartácea y venas prominentes. Haz de color verde claro y glauco en el envés que

deviene en una tonalidad oscura en el haz; "glabro" o escasamente piloso a lo largo de las venas. (25)



Figura 1. Hoja de palta Fuerte (*Persea americana*)

2.6. Composición Química

Químicamente, la especie presenta como característico la existencia de varios grupos de metabolitos secundarios, estos incluyen compuestos heterocíclicos con: anillo de furano, cumarinas, flavonoides, glicósidos y terpenoides. Los compuestos fenólicos que se presentan con mayor presencia en cáscara y semilla del aguacate derivan de epicatequina y catequina. (26)

Según el International Journal of Chemistry Research, en una investigación acerca de la palta Fuerte especie *Persea americana* se reveló que las hojas tenían presencia de componentes como: alcaloides, esteroides, flavonoides, glucósidos, saponinas y taninos.

El análisis determinó que el tipo de flavonoide presente eran flavonas y flavonoles. (26)

Las hojas, los frutos, las semillas y la corteza presentan una diversidad de aplicaciones en actividades farmacológicas, como actividad hipocolesterolémica, hipotensora, antiinflamatoria, antimicrobiana y antiviral, hipoglucemiante, analgésica, antioxidante, anticonvulsiva, cicatrizante y anticancerígena. (26)



Figura 2. Árbol del pálto (*Persea americana*)

2.6.1. Flavonoides

Se define a flavonoides como metabolitos secundarios producidos por las plantas, con diversas actividades farmacológicas, como antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias, hepatoprotectoras, captadoras de radicales libres y antivirales. También se ha demostrado que contribuyen significativamente a un fitoquímico antimicrobiano. Se ha encontrado que los flavonoides tienen una propiedad antimicrobiana para combatir hongos, bacterias y virus. Esto se logra alterando las membranas celulares microbianas, inhibiendo la síntesis de ácidos nucleicos e interfiriendo con el metabolismo microbiano. Su presencia en las hojas promueve la supervivencia de las plantas y las protege de diversas infecciones causadas por patógenos como hongos.

Los flavonoides comparten la estructura química básica (C6-C3-C6) denominada difenilpropano. En su estructura, una cadena de tres elementos de carbono une a dos anillos de benceno para formar un anillo de pirano. (27)

2.6.2. Saponinas

Las saponinas son glucósidos naturales de elevado peso molecular formados por una parte lipofílica (aglicona, usualmente un esteroide o triterpenoide) y una parte hidrofílica (una cadena de azúcares), lo que les confiere propiedades anfipáticas y tensioactivas.

Las saponinas ejercen su actividad antimicrobiana principalmente mediante interacciones con los componentes lipídicos de las membranas celulares, tanto en bacterias como en hongos. Este efecto se da gracias a su estructura anfipática, es decir, que contiene una parte lipofílica (no polar) y otra hidrofílica (polar). (28)

Las saponinas son conocidas por su capacidad para combatir bacterias mediante la vulneración de membranas de bacterias Gram positiva y negativa; además presentan efectos antivirales, ya que evitan que los virus entren en las células, y antifúngicos, ya que afectan la estructura de los hongos dañinos. Tienen capacidad antiinflamatoria, al inhibir vías celulares como NF- κ B y MAPK, lo que las hace útiles frente a enfermedades inflamatorias crónicas. Además, destacan por su actividad anticancerígena, ya que inducen la muerte programada (apoptosis) de células tumorales y pueden revertir la resistencia a ciertos medicamentos oncológicos. (29)

2.6.3. Alcaloides

Los alcaloides son compuestos naturales heterocíclicos que se caracterizan por un esqueleto de igual a más de un átomo de nitrógeno, con estructuras diversas, sean indoles, isoquinolinas, pirrolidinas, entre otros (mostrado en la imagen); desde 2020 se ha confirmado que muchos de estos compuestos presentan una sólida actividad antimicrobiana, especialmente antibacteriana y antifúngica,

actuando en concentraciones muy bajas ($MIC \leq 1 \mu\text{g/mL}$), gracias a su naturaleza plana y anfifílica que les permite interactuar con membranas y ácidos nucleicos de patógenos. (30)

Además, tiene propiedades importantes, tales como: antioxidante, ansiolítico, antiinflamatorio, antiviral, antiemético, antifúngico, antihiperlipidémico, antihipoglucémico, relajante muscular, antiulceroso, antitusivo, expectorante, anticancerígeno, antimicrobiano, antipalúdico, inmunosupresor, antidepresivo. (31)

2.6.4. Taninos

Los taninos son compuestos vegetales del grupo de los polifenoles, estructurados en dos grandes tipos: los hidrolizables, formados por ácidos fenólicos unidos por enlaces éster a azúcares, y los condensados o *proantocianidinas* (oligómeros con unidad flavan-3-ol) como catequina, enlazadas mediante uniones entre carbono y carbono (C-C). (32)

Estas estructuras les permiten interactuar con proteínas, carbohidratos y membranas celulares, lo que explica sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias, anticancerígenas, además de beneficios sobre la salud gastrointestinal y cardiovascular, siendo ampliamente utilizados como compuestos bioactivos en alimentos funcionales y aplicaciones terapéuticas. (33)

2.6.5. Compuestos fenólicos

Estos compuestos están presentes de manera extendida en las plantas y son metabolitos secundarios caracterizados por tener uno o más grupos hidroxilo. Se definen como compuestos que poseen una fracción fenólica. El fenol en un sentido elemental es representado por un anillo bencénico sustituido con un grupo hidroxilo. (34)(35)

Su estructura química básica les confiere una destacada actividad antioxidante, ya que actúan como donadores de electrones o radicales hidroxilo, neutralizando especies reactivas de oxígeno. En lo referente a sus usos en tratamientos, poseen propiedades contra las inflamaciones y microbios; también es cardioprotector, así como neuro protectora, debido a ello tiene una buena recepción en industrias como la alimentación, farmacéutica y referente a lo cosmético. Son clasificados en estilbenos, fenoles simples, flavonoides y taninos, y su actividad biológica dependerá en función a la ubicación y cantidad de grupos funcionales en su estructura. Su relevancia actual también radica en su potencial terapéutico frente a afecciones crónicas asociadas al estrés oxidativo de carácter oncológico, a la diabetes de tipo-2 y trastornos neurodegenerativos. (35)

2.6.6. Triterpenos y esteroides

Los triterpenos y esteroides son compuestos lipídicos naturales derivados del escualeno, caracterizados por estructuras

pentacíclicas y tetracíclicas, respectivamente. Además de sus conocidas propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas, estudios recientes han demostrado su actividad antibacteriana y antifúngica. Algunos triterpenos como el ácido oleanólico, ácido ursólico y lupeol pueden inhibir el crecimiento bacteriano de tipo Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*) así como contra el crecimiento de Gram-negativas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*), alterando su membrana o en la interrupción durante el proceso de sintetizar proteínas que llevan a cabo las bacterias. También se ha reportado que triterpenoides aislados de plantas como *Ganoderma lucidum* y *Azadirachta indica* tienen efecto fungicida contra *Candida albicans* y *Aspergillus niger*. (36)

2.6.7. Quinonas

Las quinonas son compuestos aromáticos oxigenados que contienen dos grupos cetona (C=O) en su estructura cíclica conjugada, típicamente derivadas de benzoquinonas, naftoquinonas o antraquinonas.

Se ha intensificado el estudio de sus propiedades antibacterianas y antifúngicas, debido a su capacidad para generar estrés oxidativo, alterar el proceso de respiración celular y la disrupción de los biofilms y membrana. Compuestos como Oncocalyxone A han demostrado inhibición significativa contra *Staphylococcus epidermidis* sin causar hemólisis, mientras que derivados como quinolinequinonas han superado en potencia al

clotrimazol frente a *Candida albicans*. Además, nuevas variantes estructurales han mostrado eficacia contra bacterias multirresistentes como *S. aureus* y *E. faecium*, sin toxicidad en células mamíferas, posicionando a las quinonas como prometedores agentes terapéuticos frente a infecciones resistentes. (37)

2.7. Extracto hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*)

Es un procedimiento de extracción que se explica mediante el depósito del material farmacológico en forma de polvo de grano relativamente grande, como hoja o cortezas del tallo o raíz, dentro de envase. Posteriormente, se aplica un disolvente sobre el material de manera que quede completamente cubierto. El recipiente se cierra cuidadosamente y se guarda, mientras se agita el contenido de forma regular. En caso de utilizar una botella, es necesario agitarla de forma periódica con el fin de garantizar una extracción completa. Al concluir el procedimiento, la micela se separa del orujo a través de técnicas de filtración o decantación. La separación entre la micela y el menstruo ocurre durante evaporación llevado a cabo dentro de un horno posteriormente. Este método se caracteriza por su eficacia y es especialmente apropiado para materia vegetal que es sensible a las altas temperaturas. (38)

La extracción de metabolitos secundarios presentes en plantas medicinales abarca sustancias como alcaloides, esteroides, flavonoides, glucósidos, terpenos, así como saponinas; su extracción

se lleva a cabo mediante el uso de un disolvente adecuado y un método estándar de extracción. (14)

Diversos compuestos químicos, como alcaloides, flavonoides, saponinas y taninos, han sido identificados en las hojas de aguacate según investigaciones científicas. Los alcaloides desempeñaron un rol protector esencial usado por las plantas contra enfermedades, así como de plagas, además funcionan como reguladores del crecimiento y servir como bases minerales para mantener el equilibrio iónico en sus diferentes partes. Los flavonoides cumplen un rol fundamental en pigmentar y dar sabor a los componentes de las plantas (semillas, flores y frutos). Adicionalmente, tienen la función de proteger a las plantas de diversos factores ambientales, actuando como agentes antimicrobianos y brindando protección contra la radiación ultravioleta. Las saponinas presentan propiedades antimicrobianas que les permiten inhibir el crecimiento de hongos, además de brindar protección a las plantas contra insectos. Durante su crecimiento, las plantas se benefician de la acción protectora de los taninos, los cuales contribuyen a prevenir posibles ataques de hongos. (14)

2.8. Cepas bacterianas y fúngicas utilizadas

2.8.1. *Staphylococcus aureus*

Esta cepa presenta un aspecto agrupado de racimo y es clasificado de coco grampositivo. Muestra actividad β -hemolítica y da positivo en las pruebas de catalasa y coagulasa. Esta bacteria tiene presencia en el cuerpo, y observa visualmente en las partes nasofaríngea, pliegues inguinales y las axilas del cuerpo. Sin embargo, el microorganismo se caracteriza por afectar las partes blandas y a la piel, provocando infecciones en: músculos, vasos sanguíneos, tendones, tejido adiposo. El equipamiento clínico puede resultar vulnerable a intrusiones y la ciberseguridad juega un papel crucial en la prevención de afecciones con origen alimentario. Desde su descubrimiento, se propusieron diversas estrategias de intervención para abordar la bacteria. En 1940, la penicilina G era preferida para tratar infecciones estafilocócicas; no obstante, ciertas cepas desarrollaron resistencia no solo con la penicilina, sino también con la meticilina y otros antibióticos β -lactámicos. También hubo resistencias entre las lincosamidas y los macrólidos y, en algunos países, diversas cepas mostraron resistencia a trimetoprim y las sulfonamidas. (39)

2.8.2. *Escherichia coli*

Su cepa se define como un microorganismo con forma bacilar y tinción gramnegativa que se clasifica dentro de los

Enterobacteriaceae. Es un organismo mesófilo facultativo anaerobio, con movilidad o inmovilidad, que no desarrolla esporas. Se localiza principalmente en cantidades significativas en seres con endotérmicos. Debido a eso, la especie *Escherichia coli* suele formar parte de la microflora habitual en los seres humanos, si bien algunas cepas son patógenas y tienen la capacidad de provocar infecciones en ellos. Las infecciones por *Escherichia coli* suelen adquirirse al consumir alimentos contaminados, como carne y leche cruda o insuficientemente cocidas, hortalizas, semillas germinadas, entre otros. Las cepas de la bacteria poseen la habilidad para provocar diversas patologías: desde septicemia, cuadros diarreicos hasta infecciones urinarias. Cuando dicha septicemia es causada por *Escherichia coli* suele manifestarse secundariamente a infecciones en el sistema urinario y en los sistemas digestivos. La septicemia causada por la bacteria registra elevados niveles de fallecimientos dentro de personas individuos que presentan baja resistencia inmunológica, así como en aquellos que padecen infecciones primarias en el estómago y el sistema nervioso central. (40)

2.8.3. *Candida albicans*

El hongo *Candida albicans*, es integrante de los Ascomycota, por otro lado, tiene genoma diploide y el ciclo reproductivo que presenta es mediante la gemación. A nivel microscópico, su aspecto morfológico se caracteriza por ovoides entre 5 x 10 micrómetros de dimensión, además en conjunto presentan una estructura levaduriforme. Este hongo tiene la capacidad de generar filamentos de hifas y como formas pseudo

(entre levadura e hifa). Puede formar clamidosporas. La especie más prevalente y patógena dentro del género *Candida* es *Candida albicans*. La candidiasis registra un alto índice de enfermedades y casos de fallecimiento a través de infecciones leves y críticas. (41)

Respecto a su localización, podemos ubicarla desde la microbiota intestinal hasta en regiones reproductoras femeninas, zona bucal y de faringe por medio de mucosas. Este hongo actúa por medios internos y externos: sin embargo, los casos infecciosos son predominantemente endógenos mientras que la transmisión es exógena como vía de acceso a la piel y zonas mucosas. Los casos registrados de transmisión directa, ocurre entre individuos por medio de la interacción con objetos contaminados directamente con el hongo e indirectamente con objetos. Las infecciones nosocomiales causadas por este hongo son numerosas. (41)

Este hongo patógeno es responsable de infecciones externas en partes como uñas, mucosa y piel. La endoftalmitis es una posible complicación. El principal agente responsable de la candidiasis vaginal afecta hasta al 75 % de las mujeres, frecuentemente las mucosas, especialmente la genital femenina. Las infecciones orales son comunes en pacientes con VIH. Contribuye al empeoramiento de la enfermedad en pacientes con enfermedades intestinales inflamatorias crónicas. (41)

2.9. Fármaco patrón: Vancomicina, Nitrofurantoina y Nistatina

2.9.1. Vancomicina

Es un glucopéptido tricíclico antibiótico de amplio espectro producido por *Streptococci orientalis*, y es particularmente efectivo contra las bacterias grampositivas que son resistentes a otras clases de antibióticos. Es efectivo contra *E. epidermidis*, *S. aureus*, que es resistente a la *meticilina*, y *S. pneumoniae*, que son resistentes a penicilinas. Este fármaco actúa bloqueando la envoltura de la bacteria hasta el proceso de lisis en un sitio diferente de cefalosporina y penicilinas, ya que se une de manera firme a d-alanina-d-alanina, necesaria para el proceso posterior de síntesis. También provoca alteraciones sobre la capacidad de paso de la barrera celular del citoplasma y aparentemente inhibe de manera selectiva la síntesis de ARN. Se introduce mediante aplicación IV y se dispersa sobre varios líquidos corporales como pleural, pericárdico, rotura, plasmático y ascítico Su afinidad con proteínas plasmáticas es intermedia, no se ha registrado su proceso de biotransformación. Entre el 80 % y el 90 % se excreta en forma inalterada por filtración renal en adultos normorrenales. Presenta una semivida aproximada a 6 horas en el plasma, aunque en niños sanos es de 2 a 3 h, pero en caso de pacientes con insuficiencia renal (oliguria, anuria) se puede extender de 6 a 10 días. (42)

2.9.2. Nitrofurantoina

La nitrofurantoina es un antimicrobiano sintético que, en bacterias susceptibles, es convertido por las nitrorreductasas en metabolitos oxidantes (radicales libres). Estos metabolitos afectan varios sistemas de enzimas, lo que finalmente detiene el metabolismo energético que necesita oxígeno y la creación de DNA, RNA y la cubierta celular bacteriano. Su capacidad antibacteriana se caracteriza por ser efectiva contra microorganismos aeróbicos habituales en el sistema urinario, como *E. coli*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* y ciertas variedades de *Klebsiella* y *Enterobacter*, los cuales aún no han generado resistencia. No obstante, *Pseudomonas*, *Serratia* y la mayoría de las variedades de *Proteus* y *Klebsiella* presentan una resistencia innata. En las vías urinarias inferiores, puede alcanzar concentraciones suficientes para ser bactericida y es más efectiva en un entorno ácido. Se absorbe bien en el tracto digestivo, y su biodisponibilidad aumenta cuando se toma con alimentos. En su forma de macrocristales, la absorción es más lenta. Aunque atraviesa la placenta y se detecta en la leche materna, su distribución tisular es limitada y no logra concentraciones útiles en plasma, próstata, riñones ni uréteres. Presenta una afinidad moderada en la unión con proteínas entre 20 a 60 %, posteriormente se metaboliza en el hígado y termina expulsada en las vías urinarias o heces con un 30 a 40 % sin alteraciones. Su vida media de eliminación varía entre 20 y 60 minutos, siendo más prolongada en casos de insuficiencia renal. (42)

2.9.3. Nistatina

La nistatina es una molécula antifúngica de la familia de polienos en conjunto con antifúngicos como anfotericina B, candidina y candicidina. La nistatina se conoce desde hace muchos años como tratamiento para infecciones fúngicas, principalmente candidiasis oral, así como para uso en investigación como aditivo para cultivos celulares. Sin embargo, debido a su solubilidad limitada, la nistatina se utiliza en la clínica como una suspensión en un medio acuoso, formulación liposomal o como una pasta para la candidiasis oral e infecciones dermatológicas. (43)

En resumen, la nistatina es empleada principalmente como prescripción para combatir infecciones de origen fúngico en la piel y mucosas a causa de especies *Candida*, por otro lado, carece de eficacia frente a dermatofitos. Este medicamento es altamente tolerado debido a su baja absorción en la mucosa oral, gastrointestinal y dérmica. Sin embargo, en dosis elevadas puede provocar náuseas. Su uso oral permite eliminar infecciones gastrointestinales y evitar tanto la propagación perianal como la diseminación sanguínea originada en el intestino en individuos inmunodeficientes (44)

2.10. Definición de Términos

2.10.1. Actividad Antibacteriana

Esta actividad es la propiedad de una sustancia para actuar contra bacterias, mediante la inhibición del crecimiento o la erradicación. Su evaluación se mide por distintos procedimientos, entre los cuales destaca la estimación del concepto Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), que refleja el mínimo de agente requerido para impedir el crecimiento bacteriano. Su efectividad puede diferir en función de la especie bacteriana, así como del agente aplicado. Los procesos de acción pueden abarcar desde la supresión de la síntesis de la pared celular, la alteración de la membrana, hasta la interferencia en la producción de proteínas y ácidos nucleicos. (45)

10.2. Actividad Antifúngica

Se define la actividad antifúngica como la habilidad de un agente contra hongos patógenos para impedir su crecimiento o inducir su destrucción. Esta actividad es esencial en la terapia de infecciones micóticas, las cuales pueden ser de gravedad, particularmente en individuos con sistemas inmunitarios comprometidos. Los antifúngicos operan diferentes tipos de proceso, que van desde perturbar el mecanismo de síntesis de la pared celular hasta impedir que el ácido nucleico se la sintetice. (46)

2.10.3. Cepa

El término cepa hace referencia a una agrupación de microorganismos, ya sean bacterias, hongos o virus, que presentan similitudes tanto a nivel genético como fenotípico. En el ámbito de la microbiología, el término "cepa" hace referencia a un grupo de células derivadas de una única célula inicial, lo que implica que comparten características comunes. Las cepas pueden ser distinguidas por sus variaciones genéticas, propiedades bioquímicas, capacidad patógena y resistencia a tratamientos. (47)

2.10.4. Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Este ensayo denominado concentración Mínima Bactericida (CBM) es un parámetro aceptado para evaluar nuevos agentes antimicrobianos y se utiliza con frecuencia como herramienta de investigación para proporcionar una predicción de la erradicación bacteriana. (47)

2.10.5. Concentración Mínima Fungicida (CMF)

Este ensayo se entiende como la más baja concentración de antimicóticos capaz de provocar del 99,9 % del microorganismo evaluado, con supervivencia en cultivo limitada al 0,1% de los microorganismos (48)

2.10.6. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

El ensayo denominado como Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) se lleva a cabo mediante la dilución en agar o caldo con el fin de medir, en condiciones de prueba definidas, la menor concentración efectiva de un agente antimicrobiano que suprime el desarrollo perceptible de la bacteria sujeta a evaluación. Este ensayo se utiliza para probar las susceptibilidades de los aislamientos bacterianos y de los nuevos fármacos antimicrobianos. (47)

2.10.7. Disco de Sensibilidad

Es una técnica ampliamente empleada en el campo de la microbiología para establecer el grado la sensibilidad que presenta bacteria ante distintos antibióticos. La técnica se basa en colocar diferentes discos con antibióticos sobre placas de cultivo bacteriano. Posteriormente, se mide el halo de inhibición de los discos durante la incubación con el fin de establecer el grado de susceptibilidad de la bacteriana. (49)

2.10.8. Efecto Antibacteriano

Corresponde a la propiedad del compuesto sobre las bacterias para detener su crecimiento o eliminarlas, aquello se conoce como actividad antibacteriana. Este efecto tiene por finalidad evaluar el nivel de acción de los antibacterianos sobre microorganismos patógenos. (50)

2.10.9. Efecto Antifúngico

El efecto antifúngico se define como la habilidad de un medicamento o sustancia para detener el desarrollo o causar la muerte de hongos dañinos. La importancia de este efecto es fundamental en el manejo de infecciones por hongos, sobre todo en individuos con sistemas inmunológicos debilitados. (50)

2.10.10. Halo de Inhibición

Este término se usa para ilustrar el espacio sin presencia de bacterias que rodea al disco antimicrobiano colocado sobre una placa de cultivo. La evaluación de la susceptibilidad bacteriana a un antimicrobiano es realizada por medio del análisis del diámetro de la zona con inhibición. (51)

2.10.11. *In vitro*

Los procedimientos se realizan en un entorno controlado, como un laboratorio, y no dentro de un organismo vivo. Es común su utilización para la descripción de investigaciones llevadas a cabo en cultivos celulares, soluciones o placas de Petri. (52)

2.10.12. Marcha Fitoquímica

La marcha fitoquímica, o tamizaje fitoquímico, es una prueba cualitativa que se usa para detectar metabolitos secundarios en extractos de plantas. Se trata de ver cambios como color, turbidez o formación de sólidos al usar reactivos específicos. Estos indicadores muestran grupos de compuestos como fenoles, alcaloides, flavonoides y esteroides, que se pueden observar durante las fases de extracción y reacciones químicas específicas. (53)

2.10.13. Medio de Cultivo

Se trata de una mezcla de nutrientes y componentes esenciales que propician el entorno adecuado para la presencia, incremento y proliferación de microorganismos. Pueden manifestarse en estado líquido o en estado semisólido. (54)

2.10.14. Método de dilución en caldo

Este método es empleado para establecer la mínima concentración inhibitoria que se requiere del agente antimicrobiano para la inhibición o erradicación de bacterias y hongos, siendo este parámetro de referencia en los ensayos de susceptibilidad a los antimicrobianos. En el proceso de dilución en caldo, se lleva a cabo la preparación de diluciones en serie del agente antimicrobiano. Posteriormente, estas diluciones se inoculan en tubos que contienen una cantidad conocida de bacterias o hongos para su evaluación. Su preparación consta de utilizar cepas con conocidos valores de susceptibilidad como objeto de control; posteriormente se incuban tubos a temperaturas óptimas favorables al desarrollo de hongos o bacterias. Finalmente, se evaluará qué grado mínimo de concentración del antimicrobiano es necesaria para cumplirse si se desea inhibir (CMI) o eliminar al antimicrobiano (CMB). (55)

2.10.15. Método de Kirby-Bauer

El método consta del procedimiento llevado a cabo en laboratorios que busca determinar el grado de sensibilidad que tienen las bacterias ante distintos antibióticos. Específicamente, este procedimiento es necesario para establecer el valor de la CMI que se requiere del antibiótico. El procedimiento constar de utilizar discos con antibióticos en placas superpuestas sobre las placas

de cultivo con bacterias, seguido por registrar el halo diametral de la zona de libre crecimiento bacteriano alrededor de cada placa. Las mediciones realizadas son útiles cuando se requiere establecer el grado de sensibilidad que presentan bacterias frente a antibióticos evaluados previamente; con los resultados se clasifican como sensibles, intermedias o resistentes. (55)

2.10.16. Método de MacFarland

Son sistemas de referencia que facilitan la calibración de la cantidad de bacterias contenidas en una suspensión a través del contraste entre el grado de turbidez entre el estándar McFarland y la muestra. El valor referencial McFarland = 0,5 tiene aplicaciones específicas para elaborar inóculos con la finalidad de llevar a cabo pruebas de sensibilidad frente a microbianos, siendo parte en la aplicación metodologías como: estudios de susceptibilidad en organismos anaerobios, difusión en disco, así como diferentes disoluciones en agar, macro y micro dilución en caldo (56)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación corresponde al tipo: experimental, prospectivo, cuantitativo y transversal.

Experimental: El estudio implica la comparación del efecto de diferentes tratamientos (extracto de palta y antibióticos) en condiciones controladas. Se realizan ensayos *in vitro* para observar cómo actúan estos agentes sobre las cepas bacterianas y fúngicas, lo que es característico de la investigación experimental. (57)

Prospectivo: Se realizan mediciones utilizando datos que provienen de mediciones con control de los sesgos de medición. (57)

Cuantitativo: La investigación busca medir y comparar efectos de manera numérica. Esto incluye la recolección de datos sobre la actividad antibacteriana y antifúngica, lo cual permite realizar análisis estadísticos para evaluar la eficacia de los tratamientos. (57)

Transversal: El estudio se realiza en un solo momento en el tiempo, analizando los efectos del extracto y los antibióticos en las cepas microbianas en un periodo específico. No se observa a los

mismos sujetos (o, en este caso, muestras) a lo largo del tiempo, lo que caracteriza a los estudios transversales. (57)

3.1.2. Diseño de la Investigación

La investigación fue diseñada en base al tipo experimental completamente aleatorizado, a causa de que tanto cepas bacterianas y fúngicas se asignan de manera aleatoria a los diversos tratamientos, tales como el extracto de palta y los antibióticos, antes de evaluar su eficacia. Esto implica que cada cepa posee la misma posibilidad de ser sometida a cualquier tratamiento, erradicando prejuicios y garantizando que los resultados se atribuyan exclusivamente a las intervenciones verificadas. Al medir parámetros como la Mínima Concentración Inhibitoria (CIM), la Concentración Mínima Bactericida (CBM) y la Mínima Concentración Fúngica (CMF), se pueden comparar con precisión los efectos de cada tratamiento médico. La aleatorización garantiza que cualquier cambio en la actividad antibacteriana o antifúngica sea confiable, aumentando la validez de la investigación y permitiendo sacar conclusiones claras sobre la efectividad de los tratamientos. (57)

3.1.3. Nivel de Investigación

Esta investigación estudiada corresponde a un nivel correlacional debido a que se analiza cómo se relacionan las variables sin intervenir en ellas. Se analiza cómo varía la eficacia del

extracto en función de sus concentraciones y cómo se relaciona esto con la efectividad de los antibióticos. Esto permitiría identificar patrones o relaciones entre las concentraciones de los tratamientos y su efecto sobre las cepas bacterianas, sin necesariamente hallar o determinar una relación causal. (57)

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Consta de láminas foliares de la palta *Persea americana* var. Fuerte.

3.2.2. Muestra

Las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) fueron recogidas en el lateral suroeste, en el número 17° 11' 36.3" S, 70° 57' 34.1" O. Específicamente en la chacra situada a periferias de la ciudad de Moquegua perteneciente al Sr. Mamani Flores; Ángel.

3.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Método de extracción del compuesto de la planta

Recolección y secado

El proceso de recolección foliar se realizó en una chacra de la región moqueguana. Se obtuvo un total de 5 kg de hojas provenientes de la variedad Fuerte *Persea americana*, eligiendo las que estaban frescas y dejando fuera las amarillentas, así como aquellas que tenían contaminantes o daños, por ejemplo, tierra, productos químicos, plagas, heces y hongos. Si se detectan, serán eliminadas antes del procesamiento. Para asegurar que las hojas estén limpias, se realizará el proceso de limpieza con un paño limpio. (58)

Las hojas se distribuyeron sobre una base de papel Kraft suspendida en una malla de metal para que se secan adecuadamente. Hasta que estén completamente secas y se sientan quebradizas al tocarse. La actividad fue realizada en una zona ventilada y resguardado de la radiación solar directa, para evitar que se degraden los compuestos. (58)(59)

Molienda y maceración

Se utilizó el molino para el proceso de trituración foliar y se transformó como resultado en polvo fino, obteniendo partículas lo suficientemente pequeñas para realizar el procedimiento de extracción. (58)

Se realizó el pesaje de la muestra molida utilizando una balanza, y posteriormente se procederá a transferirla a recipiente

de vidrio ámbar. Posteriormente, se incorporó alcohol con una concentración del 70 % en el recipiente. El frasco fue envuelto en papel de aluminio y se permitió que el contenido macere durante un período aproximado de 45 días. Durante este período, se realizarán sesiones de actividad física de 10 minutos, tres veces al día. (58)(59)

3.3.2. Filtración, análisis fitoquímico y preparación de concentraciones

Luego paso previo y esperando un tiempo adecuado, se continuó con la filtración de las muestras en tres instancias, utilizando el papel de filtraje Whatman N° 145, con el propósito de eliminar impurezas. A continuación, se verterá el extracto hidroalcohólico previamente filtrado sobre una placa Petri, a continuación, se utilizará la estufa de secado para evaporar el alcohol a una temperatura que no supere los 45 °C. (58)(59)

En relación con el análisis fitoquímico, se requirió la muestra hidroalcohólica en extracto, la cual se recolectó y envió de manera meticulosa hacia el laboratorio de cromatografía y espectrometría ubicado en la Universidad Nacional de San Antonio Abad, en Cusco. El Químico Choquenaira Pari, Jorge; recibió la muestra y llevó a cabo una serie de reacciones de precipitación y coloración. Estas reacciones son esenciales para poder evaluar al

extracto, mediante los pasos de identificación y caracterización, lo que facilita un análisis de sus propiedades fitoquímicas.

3.3.3. Marcha Fitoquímica

3.3.3.1. Reacción a la gota

Ensayos

a. Compuestos fenólicos

Se transfirió 1 ml del extracto obtenido de las hojas de palta hacia un tubo de ensayo. Posteriormente, fue agregado tricloruro de hierro en una gota, acto seguido se agitó el tubo para observar la variación del color. (60)

b. Flavonoides

Se diluyó una muestra del extracto foliar de 2 ml de palta con HCl concentrado en 1 ml, añadiendo una cantidad mínima de metal de magnesio. Esta mezcla se dejó reposar durante unos minutos con el propósito de observar el cambio de color. (60)

c. Alcaloides

Se colocó un volumen de 1 ml del extracto foliar en un tubo de ensayo, añadiendo seguidamente gotas del reactivo de Dragendorff y efectuando una agitación ligera. Se procede a observar si existe un precipitado para que saliera positivo. No se observó un precipitado saliendo negativo. (60)

d. Triterpenos y Esteroides

Se realizó la adición de 1 ml del extracto de la hoja de palta, junto con ácido sulfúrico en gotas y anhídrido acético. A continuación, se mezcló y se procede a observar el cambio de color. (60)

e. Saponinas

Se tomó un volumen = 1 ml del extracto foliar de palta y se añadió dentro de un tubo de ensayo que contenía previamente de agua destilada a un volumen = 9 ml. Posteriormente, se agitó la mezcla para observar la posible existencia de formación de espuma. Obteniendo un resultado negativo. (60)

f. Taninos

Se añade un volumen = 1 ml del extracto foliar de palta, a continuación, se incorporó 0,5 ml de tricloruro férrico al 5 %, y se agita la mezcla. (60)

g. Quinonas

Se introduce en un tubo de ensayo una mezcla compuesta por 1 ml del extracto, extrayendo con éter/benceno tras hidrólisis ácida y añadir NaOH o NH_4OH , sin llegar a producir color rojo o violeta. (60)

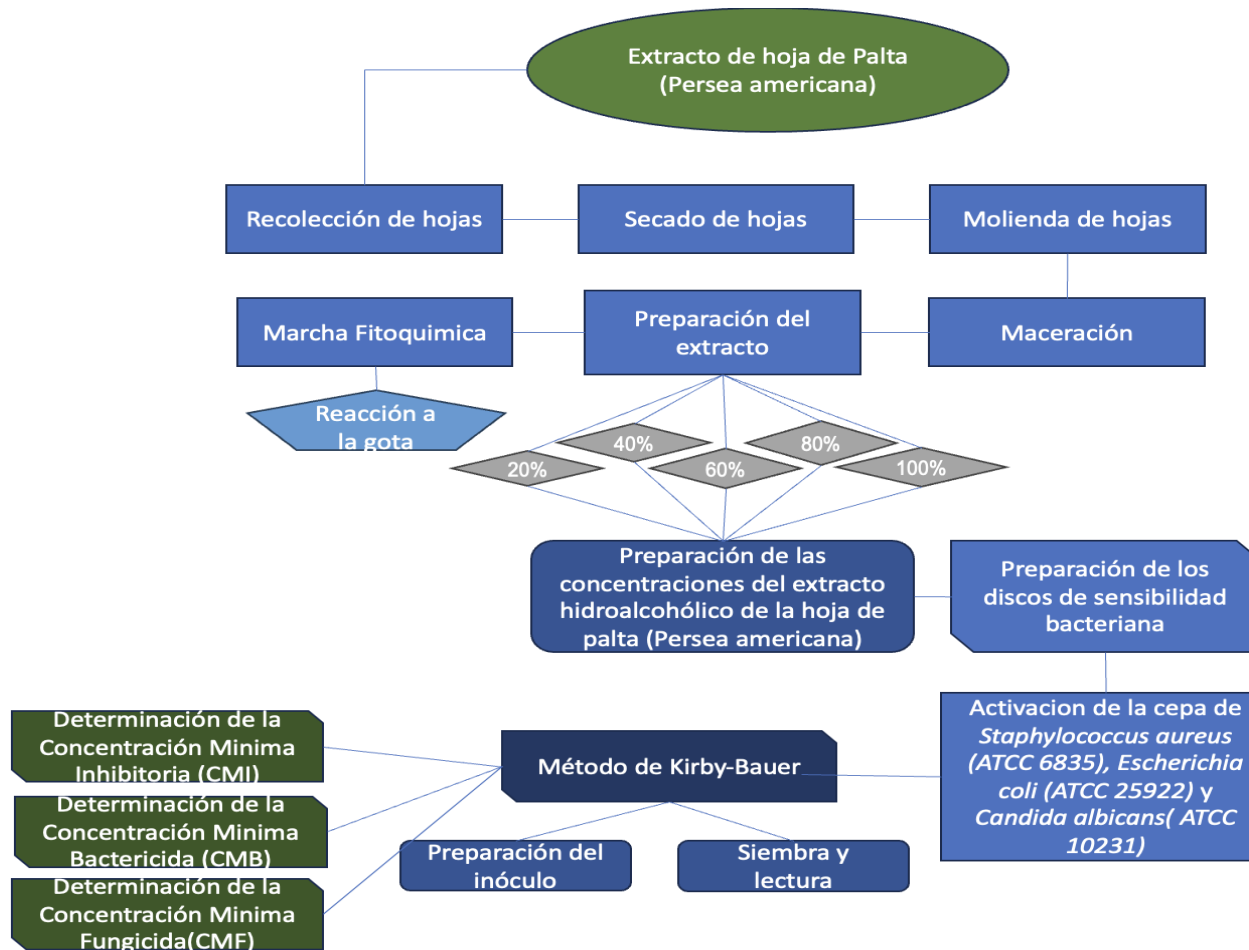


Figura 3. Diseño Experimental

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Evaluación del efecto antibacteriano de la planta

3.3.4.1. Cepa

Se utilizó cepas *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Candida albicans* (ATCC 10231) de KWIK-STIK™, aquellas cepas fueron provistas por el Laboratorio de Microbiología ubicado en la Facultad de Ciencias perteneciente a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

3.3.4.2. Antibiótico

La investigación de pruebas de susceptibilidad antimicrobiana, requirió utilizar discos de 300 microgramos (mcg) de Nitrofurantoina, 30mcg de Vancomicina y Nistatina 100 U µg comercializados por Thermo Scientific™ Oxoid™.

3.3.5. Método para la detección del efecto antibacteriano y antifúngico

3.3.5.1. Preparación de los discos de sensibilidad antibacteriana

Para realizar la desnaturalización en los discos de Nitrofurantoína, se procederá a sumergirlos en agua destilada en un vaso precipitado, seguido de un tratamiento en autoclave (121° C, 15 lbs de presión y 15 minutos) Transcurrido un periodo de tiempo específico, se llevó a cabo la extracción del agua destilada. A continuación, se realizó tanto la organización como separación de discos en el vaso precipitado. Posteriormente, se trasladaron a una estufa y se sometieron a un tratamiento térmico con el propósito de garantizar la eliminación de cualquier actividad del antibiótico. Los discos serán sometidos posteriormente a un tratamiento con el extracto hidroalcohólico. (58)(59)(61)

3.3.5.2. Preparación de concentraciones correspondientes al extracto hidroalcohólico de la variedad Fuerte (*Persea americana*)

El procedimiento del pesaje de la placa y el de la placa con 50 ml del extracto hidroalcohólico da una diferencia de 2,22 g. Con ello, se procedió a realizar operaciones, especificando que su solución madre es de 44,4 mg/1000 µl. Luego del pesaje, se procedió a raspar una parte del material seco de los 50 ml del extracto variedad Fuerte (*Persea americana*) que estuvo sobre la placa Petri, que fue colocado en la estufa donde se evaporó el

alcohol durante unas horas a 45 °C. Con los respectivos valores se obtienen porcentajes del 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %.

Se diluyó en 1 ml utilizando agua destilada, pesando los siguientes valores: para el 20 % con 8,88mg, 40 % con 17,76mg, 60 % con 26,64 mg, 80 % con 35,52 mg y 100 % con 44,4 mg. Se homogenizó con el agitador Vortex, se empleó micropipetas para embeber cada disco con extracto hidroalcohólico, procediendo a realizar 8 repeticiones por cada concentración. (58)(59)(61)

Finalmente, se obtuvo concentraciones en 30 µl: 100 % con 1,332 mg, 80 % con 1,0656 mg, 60 % con 0,7992 mg, 40 % con 0,5328 mg y 20 % con 0,2664 mg.

3.3.5.3. Activación y preparación del inóculo de las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Candida albicans* (ATCC 10231)

Para la realización de activación de las cepas liofilizadas, se dejó la bolsa de KWIK-STIK™, poniéndose a temperatura ambiente sin abrirla. Se sacó la unidad KWIK-STIK™. Para liberar el líquido la ampolla fue pellizcada en su parte superior y continuó fluyendo hacia el bastoncillo; al

empaparlo, procedemos a sembrarlo en agar, inoculando la placa Petri (62).

Se seleccionó cultivos que contenían cepas de *Staphylococcus aureus*, cepas de *Escherichia coli* y de *Candida albicans*, cada uno por separado, posteriormente se depositó con el asa hacia el tubo de ensayo que contendrá la Infusión Cerebro-Corazón (medio BHI). De esta forma se formuló la inoculación de suspensión que se incubará a 37°C por 24 horas. Se observó turbidez en el caldo de cultivo, indicio de desarrollo bacteriano. iniciando desde fase cero, luego de latencia y posteriormente logaritmica. En donde se llevó a cabo una nueva siembra, transfiriendo una muestra del crecimiento reciente a un vial que contiene Agar Soya Tripticasa (TSA), realizando siembra por agotamiento, dejando las 24 horas a 37°C.

Finalizando con la fase de muerte. Para el manejo de la cepa fúngica se requirieron tubos con agar papa dextrosa como medio de cultivo (PDA). (58)(59)(61)

3.3.5.4. Método de Kirby-Bauer

3.3.5.4.1. Nefelometría de McFarland

Sobre el grado de turbidez del caldo BHI inoculadas con las cepas; se comparó la turbidez de cuyo resultado es de 0,5 como parámetro de la escala McFarland (aquello corresponde a un valor cercano de 1.5×10^8 UFC/mL, según las recomendaciones del CLSI). Observando la turbidez correcta. (58)(59)(61)

3.3.5.4.2. Siembra y Lectura

Se utilizó en total 48 discos, distribuyéndose en 5 concentraciones donde se utilizó 8 discos por cada 3 placas, aumentando discos de control positivos (discos que contenían los antibióticos Nitrofurantoína, Vancomicina y Nistatina) y discos de control negativo (discos desnaturalizados).

Se procedió a colocar en el agar Mueller Hinton, utilizando una pinza estéril, se manipularon los discos impregnados con concentraciones del extracto foliar hidroalcohólico palta variedad Fuerte (*Persea americana*) en 30 μ l de 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 100 %. Adicionalmente, fueron puestos discos como mecanismo de control positivo y negativo. La incubación de placas sembradas duró 24 horas a 37°C; pasado aquel lapso temporal se evaluó el efecto a través de la medición del diámetro de la zona de inhibición bacteriana.

Posteriormente, los resultados fueron empaquetadas con papel kraft. (58)(59)(61)

Se realizó cuantificación de las zonas de inhibición por medio de un vernier digital, siguiendo la escala propuesta por Duraffourd y Lapraz (1983), la evaluación se expresó en los siguientes rangos: ausencia de sensibilidad (-) ≤ 8 mm, sensibilidad límite (+) 9 a 14 mm, elevada sensibilidad (++) 15 a 19 mm y sensibilidad máxima (+++) mayor o igual a 20 mm. (58)(59)

3.3.5.5. Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

El medio de BHI (Brain Heart Infusion) se colocó en tubos de ensayo y se sometió a esterilización por autoclave con el fin de evitar contaminaciones; colocamos material fúngico y bacteriano por suspensión. Seguidamente, se incubó a 37°C por 24 horas; posteriormente, el crecimiento obtenido del caldo BHI se traspasa a un vial con Agar Papa Dextrosa (PDA) y otro con medio Agar Soya Tripticasa (TSA), con entornos diferentes para la cepa fúngica y la cepa de bacteria. Luego se sometió a la fase de incubación durante 24:00 horas a 37°C; a continuación se contrastó los niveles de turbidez entre el inóculo elaborado en comparación con el de la escala McFarland; así se estandarizó la

concentración bacteriana en referencia; se tiene 1.5×10^8 UFC/mL.

Se emplearon diez tubos para la prueba, a los cuales se adicionó la suspensión estandarizada bacteriana o antifúngica junto con diferentes concentraciones del extracto evaluado. Se utilizaron como control los tubos N°11 para positivo y N°12 para negativo. El proceso de incubación fue por 24:00 horas con un constante calor de 37°C. Se considerará como CMI la mínima concentración del agente que muestre inhibición visible del crecimiento bacteriano, evaluada por la presencia de turbidez.
(58)(59)(61)

Se obtuvo que la Mínima Concentración Inhibitoria o CMI no representa rasgos de turbidez, es decir, hay carencia de crecimiento de hongos y bacterias; dicho tubo fue el N° 5 contra la cepa fúngica y el tubo N° 7 con la cepa bacteriana.

3.3.5.6. Determinación de la Concentración Mínima Bactericida (CMB)

La concentración CMI frente a *Escherichia coli* se estableció considerando los tres primeros tubos que permanecieron sin rastros de turbidez, siendo los enumerados previamente: N°07, N.°08 y N.°09. Cada placa Petri con agar Mueller Hinton será diseminada con 0,1 ml o 100 µl, con ayuda de una asa Digrafsky, para luego incubarla a 37°C por 24 horas. Seguidamente, se verifica si existe crecimiento o ausencia de

bacterias. En el proceso de lectura se incluyó el recuento de UFC en cada una de las placas. El desarrollo bacteriano es evidencia que los microorganismos presentes en el inóculo inicial se redujeron, aunque no fueron completamente eliminados por el extracto hidroalcohólico. (58)(59)

El método de lectura adecuado contempla el conteo de unidades formadoras de colonias en cada placa, donde el criterio es ≤ 1 UFC/placa. (59)(61)

Observándose que no hubo presencia de ninguna colonia en las 3 placas Petri, estos resultados ponen de manifiesto que la concentración mínima bactericida corresponde a la misma que la Concentración Mínima Inhibitoria contra *Escherichia coli*.

3.3.5.7. Determinación de la Concentración Mínima Fungicida (CMF)

Para la determinación de la CMI en frente a la *Candida albicans*, se tomaron en cuenta los tres primeros tubos que no mostraron turbidez (N.°05, N.°06 y N.°07). Las placas de Petri con agar Mueller Hinton se diseminaron con 0,1 ml (100 μ l) utilizando un asa de Digralsky y se incubaron a 37 °C por 24 horas. La lectura consistió en el conteo de UFC en cada placa. (58)

Durante la etapa de lectura, el procedimiento adecuado indica realizar el recuento de UFC en cada placa, considerando

válido ≤ 1 UFC/placa o la ausencia de crecimiento, conforme a lo aceptado por el CLSI. (59)

Observándose que no hubo presencia de ninguna colonia en las 3 placas Petri, se observa que la concentración mínima bactericida resulta igual a la Concentración Mínima Inhibitoria frente a las cepas de *Candida albicans*.

3.4. Materiales e Instrumentos

3.4.1. Materiales

3.4.1.1. Recursos materiales

Equipos:

- Autoclave (1) marca GCA
- Estufa (1) marca Brüder
- Balanza analítica marca KERN
- Balanza de precisión marca KERN
- Molino manual (1) marca Corona
- Refrigeradora (1) marca Biobase
- Equipo Vórtex (1) marca VWR
- Incubadora (1) marca MEMMERT
- Vernier digital acero inoxidable (1) Truper
- Micropipeta Brand Transferpette S 0,1 – 1 µL
- Micropipeta Brand Transferpette S 0,5 – 10 µL
- Micropipeta Brand Transferpette S 10 – 100 µL
- Micropipeta Brand Transferpette S 100 – 1000 µL

Medios y reactivos:

- Agar Mueller Hinton marca Liofilchem
- Agar Sabouraud

- Agar Papa Dextrosa
- Caldo Infusión Cerebro Corazón (BHI) marca Liofilchem
- Nefelómetro de Mac Farland (1,5x10⁸ cel/mL)
- Alcohol de 70°
- Agua destilada

Materiales de laboratorio:

- Placa Petri 10 x 100 mm
- Matraz Erlenmeyer (3) 100 mL, 250 mL y 500 mL
- Probetas de vidrio
- Vasos Precipitados 500 ml
- Mechero de Bunsen
- Tubo de Ensayo PYREX
- Micropipetas Brand Transferpette S

Material Biológico:

- Extracto hidroalcohólico de *Persea americana*
- Cepas *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) de KwikStik
- Cepas *Escherichia coli* (ATCC 25922) de KwikStik
- Cepas *Candida albicans* (ATCC 10231) de KwikStik
- Disco Vancomicina de 30 mcg de Oxoid

- Disco Nitrofurantoina de 300 mcg de Oxoid
- Disco Nistatina 100 U µg de Oxoid

Otros materiales:

- Papel Kraft
- Frasco de vidrio ámbar
- Guantes de latex
- Gorro quirúrgico descartable
- Mascarilla
- Pabilo
- Marcadores
- Guardapolvo
- Gradilla para tubo de ensayo
- Espátulas
- Pinzas
- Alcohol 70°
- Papel aluminio
- Calculadora

3.4.2. Instrumentos

3.4.2.1. Técnica de análisis de datos

Para la evaluación de datos a nivel estadístico se utilizarán métodos como:

- **Estadística:** Descriptiva e Inferencial
- **Análisis y frecuencia:** Análisis de cuadros de gráficos y tablas
- **Prueba de normalidad:** Mediante el *test* Shapiro-Wilk
- **Estadística inferencial:** ANOVA e índice de correlación de Pearson.

3.5. Procesamiento de datos

El análisis de los datos se efectuó utilizando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), en su versión 28. Se aplicó un enfoque descriptivo sustentado en la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Los resultados se representaron mediante tablas estadísticas acompañadas de sus respectivas representaciones gráficas. Se contrastó los tipos de hipótesis para verificar las diversas concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Persea americana*, empleando la estadística inferencial, específicamente el análisis ANOVA para la varianza y la correlación mediante el método de Pearson.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Tabla 3. Resultados sobre la capacidad antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* contra *Candida albicans* (ATCC 10231) utilizando el método de difusión en disco Kirby-Bauer.

T	EXTRACTO	DIAMETROS DE LOS HALOS DE INHIBICION (MM)								PROMEDIO
		REPLICAS EXPERIMENTALES								
		Concentración mg/ml	1H (mm)	2H (mm)	3H (mm)	4H (mm)	5H (mm)	6H (mm)	7H (mm)	
T1:100%	1,332	23,6	21,65	21,66	22,08	22,2	21,04	20,72	20,01	21,62
T2:80%	1,0656	16,69	16,61	16,52	16,5	16,94	17,73	16,42	16,36	16,72
T3:60%	0,7992	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6
T4:40%	0,5328	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6
T5:20%	0,2664	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6

Fuente: Datos obtenidos por el investigador

INTERPRETACIÓN:

Los resultados de la Tabla 1 indican que existe una relación directa entre la concentración del extracto hidroalcohólico y el diámetro de los halos de inhibición. La dosis más elevada (1,332 mg/ml) produjo un halo de 21,62 mm, mientras que la más baja (0,2664 mg/ml) mostró una inhibición mínima menor a 6 mm.

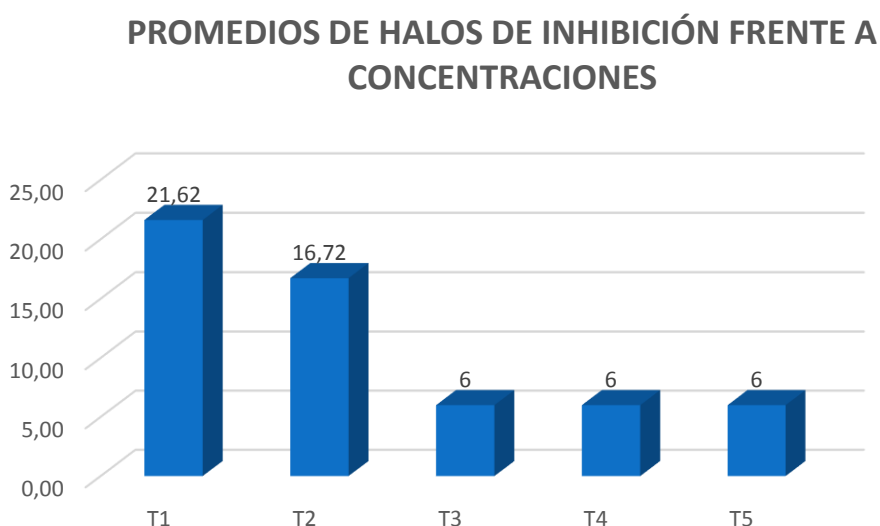


Figura 4. Actividad antifúngica del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* contra *Candida albicans* (ATCC 10231) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Coeficiente de correlación de Pearson del promedio de los diámetros de halos de inhibición de *Candida albicans* (ATCC 10231) frente a las concentraciones del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*).

Correlaciones			
		Concentración (%)	Diámetro de la zona de inhibición (mm)
Concentración (%)	Correlación (Pearson)	1	,943*
	Sig. (bilateral)		,016
	N	5	5
Diámetro de la zona de inhibición (mm)	Correlación (Pearson)	,943*	1
	Sig. (bilateral)	,016	
	N	5	5

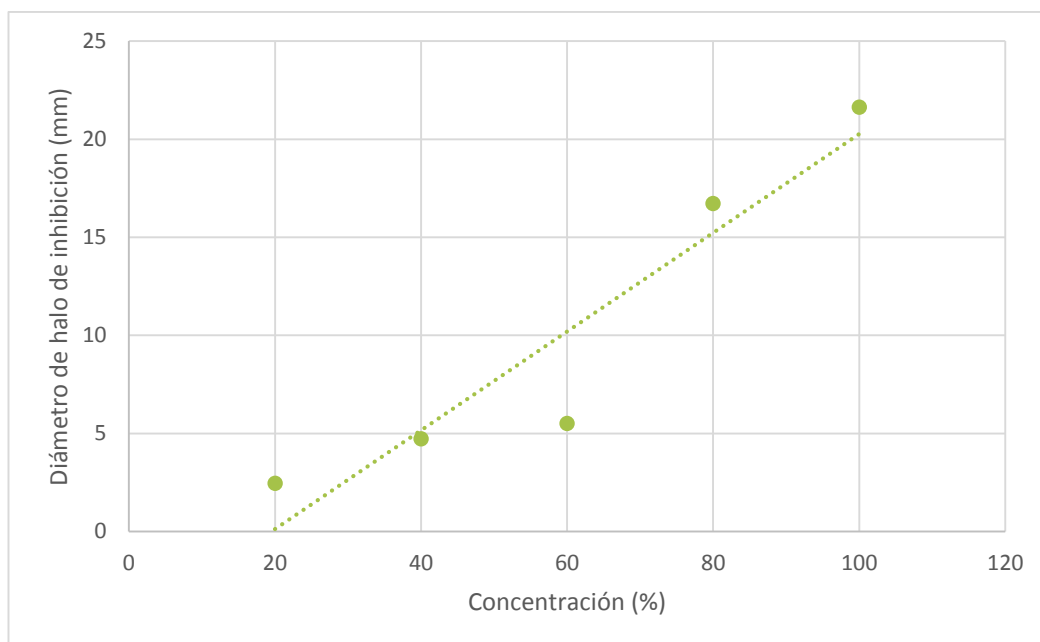


Figura 5. Dispersión y correlación lineal del promedio del diámetro de las zonas de inhibición (halos) de *Candida albicans* (ATCC 10231) frente a la concentración del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*).

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 5 se presenta la dispersión y correlación lineal del promedio de diámetro de la zona de inhibición de *Candida albicans* (ATCC 10231) frente a la concentración foliar del extracto hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*). Se observa que la Correlación de Peason presenta un coeficiente de $\rho = 0,943$ (correlación fuertemente positiva) lo cual indica que el crecimiento de la concentración se asocia a un crecimiento diametral del halo de inhibición.

Tabla 5. Interpretación de la sensibilidad del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) utilizando la escala Duraffourd y Lapraz frente *Candida albicans* (ATCC 10231).

T	EXTRACTO		Sensibilidad
	Concentración	Media	
	mg/ml		
T1:100%	1,332	21,62	Sumamente sensible (+++)
T2:80%	1,0656	16,72	Muy sensible (++)
T3:60%	0,7992	< 6	Nula (-)
T4:40%	0,5328	< 6	Nula (-)
T5:20%	0,2664	< 6	Nula (-)

Fuente: Datos obtenidos por el investigador

INTERPRETACIÓN:

Los resultados de la Tabla 2 fueron evaluados a través de la escala propuesta por Duraffourd y Lapraz, como muy sensible (++) (15 - 19 mm) al T2 (1,0656 mg), mientras que T1 (1,332mg) sumamente sensible (+++), siendo el 100 % del extracto; finalmente, encontrándose en el T3, T4 y T5 nulo grado en sensibilidad (-).

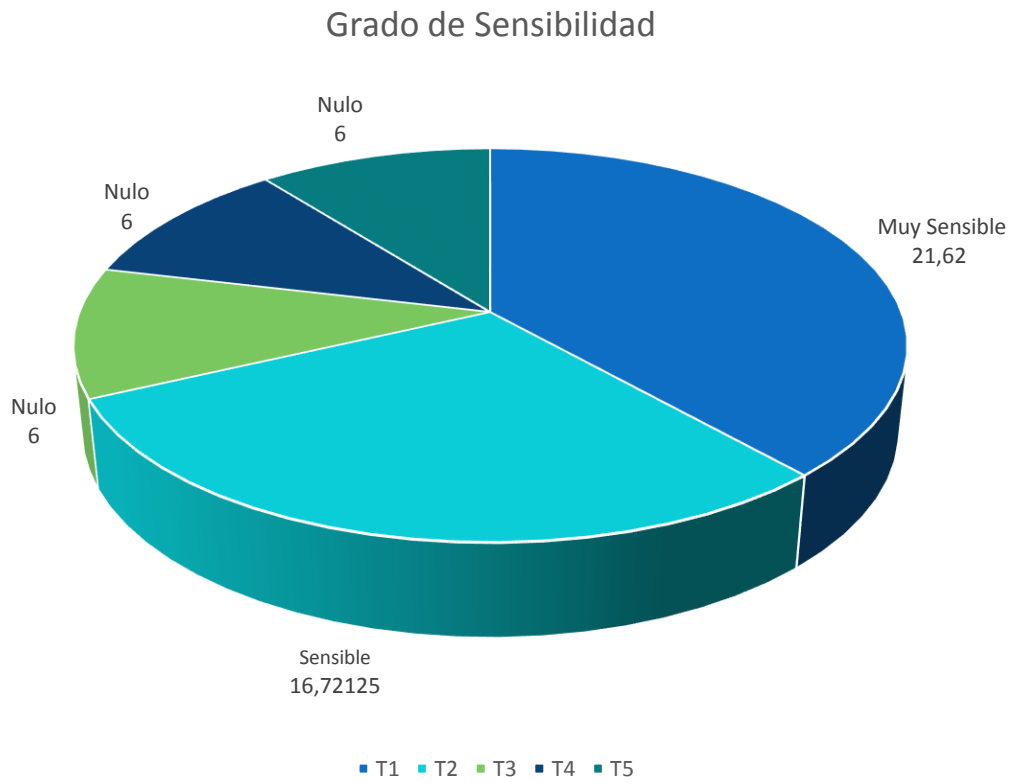


Figura 6. Interpretación de la sensibilidad del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) utilizando la escala propuesta por Duraffourd y Lapraz frente a *Candida albicans* (ATCC 10231).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Actividad antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) y Nistatina *in vitro* frente *Candida albicans* (ATCC 10231) utilizando el método Kirby-Bauer

	1H (mm)	2H (mm)	3H (mm)	4H (mm)	PROMEDIO
NISTATINA	28,97	27,96	27,75	27,48	28.04
EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO 100%	23,6	21,65	21,66	22,08	22.24

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Los resultados de la Tabla 3 presentan los diámetros de la zona del halo de inhibición (mm) con la concentración del 100 % del extracto hidroalcohólico, así como los resultados de la medición diametral de la zona de nistatina. Dando un promedio con un mayor diámetro de 28,04 mm de Nistatina, clasificado como sumamente sensible (+++) y extracto hidroalcohólico con un resultado de 22,24 mm; siendo catalogado como sumamente sensible (+++).

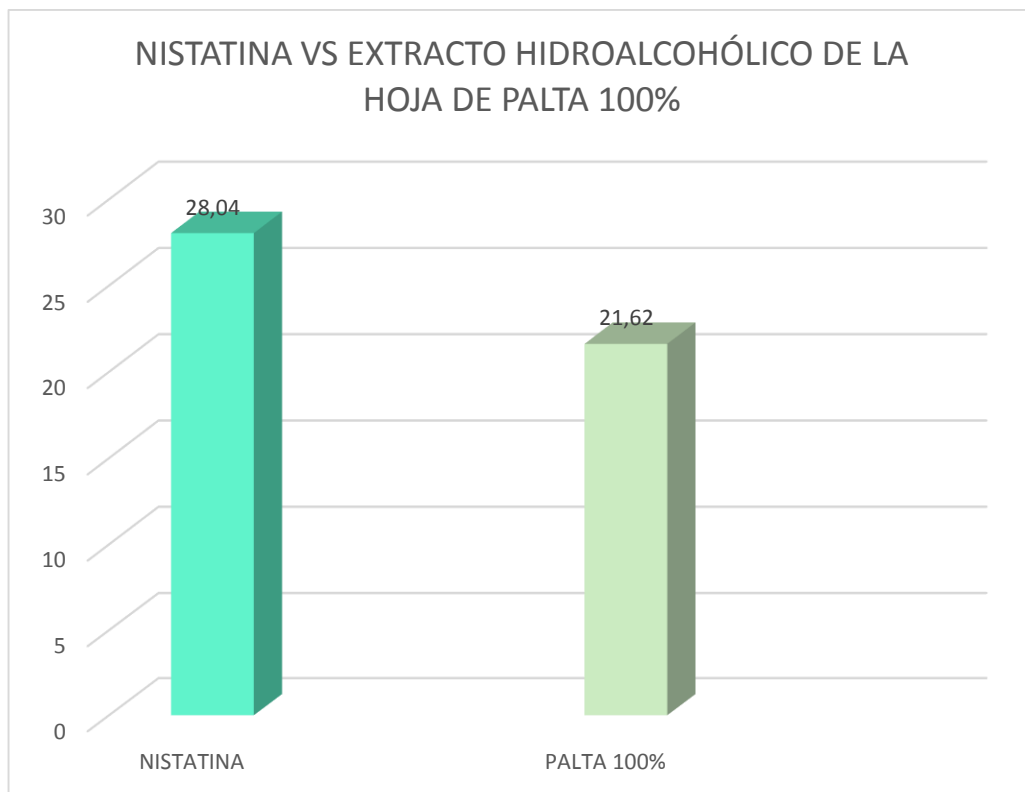


Figura 7. Actividad antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) y Nistatina *in vitro* frente *Candida albicans* (ATCC 10231) utilizando el método Kirby-Bauer

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE NORMALIDAD

Para esta investigación se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, considerando que el número de muestras fue de 8. Se formularon las hipótesis, nula (H_0) y alternativa (H_1), con el fin de verificar si los datos se ajustan a una distribución normal o presentan desviaciones respecto a ella.

H_0 : Existe ajuste normal en la distribución de datos.

H_1 : No existe ajuste normal en la distribución de datos.

Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$ ó $\alpha = 0,05$

Es importante mencionar que el valor de significancia es un elemento clave para determinar cuál de las hipótesis es válida en la investigación, siguiendo los siguientes criterios:

CRITERIO DE DECISIÓN

1. Si el valor - $p \leq \alpha$: Se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa, por lo tanto, no hay distribución normal en los datos. Se debe aplicar pruebas no-paramétricas.
2. Si el valor - $p > \alpha$: Se acepta la hipótesis nula y rechaza la hipótesis alternativa, por lo tanto, hay distribución normal en los datos. Se debe aplicar pruebas paramétricas.

Tabla 7. - Prueba de normalidad de los diámetros de las zonas de inhibición del extracto foliar hidroalcohólico de palta variedad Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente a *Candida albicans* (ATCC 10231).

Pruebas de normalidad						
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de 1,332mg	0,171	8	,200*	0,971	8	0,904
Concentración de 1,0656mg	0,278	8	0,069	0,766	8	0,112
Concentración de 0,7992 mg	0,223	8	,200*	0,868	8	0,145
Concentración de 0,5328 mg	0,159	8	,200*	0,940	8	0,613
Concentración de 0,2664 mg	0,277	8	0,071	0,897	8	0,272

INTERPRETACIÓN:

Se encontró valores significativos al 5% (el P-valor $> \alpha = 0,05$) en normalidad para los diámetros de inhibición frente a *Candida albicans*, en todas las concentraciones evaluadas, los datos se ajustan a la distribución normal debido a que sus valores de significancia son mayores a 0,05, desarrollando una estadística paramétrica; por lo tanto, utilizamos la del análisis de varianza.

Prueba de hipótesis

Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$; $P > 0,05$

Hipótesis alternativa: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$; $P < 0,05$

H_0 : No existe diferencia significativa en la acción antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) en distintas concentraciones *in vitro* frente a las cepas de *Candida albicans* (ATCC 10231).

H_1 : Existe diferencia significativa en la acción antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) en distintas concentraciones *in vitro* frente a las cepas de *Candida albicans* (ATCC 10231).

Tabla 8. Estadística ANOVA para cada concentración del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) con sus diámetros de inhibición correspondientes frente a *Candida albicans* (ATCC 10231).

Análisis de Varianza					
Concentración	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2198,796	4	549,699	444,107	0,000
Dentro de grupos	43,322	35	1,238		
Total	2242,118	39			

INTERPRETACIÓN

El análisis de varianza ANOVA evidenció significancia con un P-valor < 0,05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa que confirma la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la actividad antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta variedad Fuerte (*Persea americana*) a distintas concentraciones *in vitro* frente a *Candida albicans* (ATCC 10231).

Tabla 9. - Evaluación de la actividad antibacteriana del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) frente a *Escherichia coli* (ATCC 25922) *in vitro*, utilizando la técnica de difusión Kirby-Bauer.

T	DIAMETROS DE LOS HALOS DE INHIBICION (MM)									
	EXTRACTO	REPETICIONES								PROMEDIO
		Concentración (mg)	1H (mm)	2H (mm)	3H (mm)	4H (mm)	5H (mm)	6H (mm)	7H (mm)	
T1:100%	1,332	15,52	15,38	15,23	15,52	14,86	15,17	15,91	14,12	15,21375
T2:80%	1,0656	12,72	11,92	12,83	12,31	12,29	12,74	12	12,89	12,4625
T3:60%	0,7992	8,12	7,35	7,18	7,67	7,09	7,37	7,32	6,99	7,38625
T4:40%	0,5328	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6
T5:20%	0,2664	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6

Fuente: Elaboración de datos propios

INTERPRETACIÓN:

En la Tabla 9 se presentan los diámetros de los halos de inhibición (mm) obtenidos con las diferentes concentraciones del extracto hidroalcohólico. La concentración máxima del 100 % (1,332 mg) generó el mayor halo, con un diámetro de 15,21 mm; mientras que la concentración mínima del 20 % (0,2664 mg) produjo un halo menor a 6 mm.

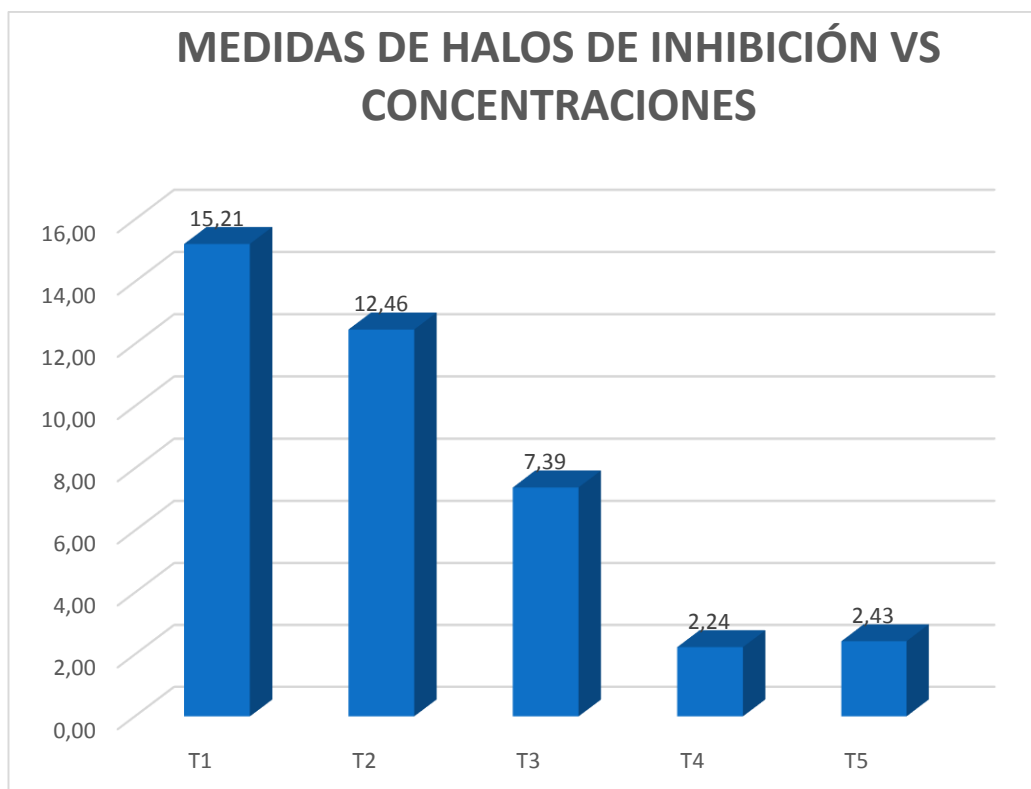


Figura 8. Resultados de la actividad antibacteriana del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente *Escherichia coli* (ATCC 25922) utilizando la técnica de difusión Kirby-Bauer.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Coeficiente de correlación (Pearson) entre el promedio del diámetro de los halos de inhibición de *Escherichia coli* (ATCC 25922) y la concentración del extracto foliar hidroalcohólico de palta variedad Fuerte (*Persea americana*).

Correlaciones			
		Diámetro de halo de inhibición (mm)	Concentración (%)
Diámetro de halo de inhibición (mm)	Correlación (Pearson)	1	,972**
	Sig. (bilateral)		,006
	N	5	5
Concentración (%)	Correlación (Pearson)	,972**	1
	Sig. (bilateral)	,006	
	N	5	5

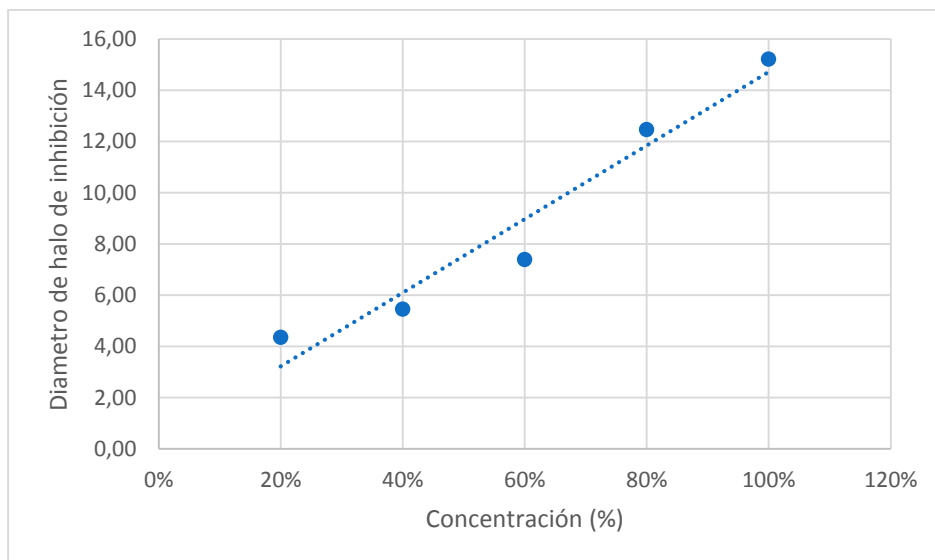


Figura 9. Dispersión y correlación lineal del promedio diametral de la zona de inhibición de *Escherichia coli* (ATCC 25922) frente a la concentración del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*).

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 9 se presenta la dispersión y correlación lineal entre la media diametral de la zona de inhibición de *Escherichia coli* (ATCC 25922) y la concentración del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*). Se observa que la Correlación de Peason presenta un coeficiente de $\rho = 0,972$ (correlación fuertemente positiva) lo cual indica que el crecimiento de la concentración se asocia a un crecimiento diametral de la zona de inhibición.

Tabla 11. Interpretación de la sensibilidad del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) utilizando la escala Duraffourd y Lapraz frente *Escherichia coli* (ATCC 25922).

T	EXTRACTO		Sensibilidad
	Concentración (mg)	Media (mm)	
T1:100%	1,332mg	15,21	Muy Sensible (++)
T2:80%	1,0656mg	12,46	Sensible limite (+)
T3:60%	0,7992 mg	7,39	Sensibile nulo (-)
T4:40%	0,5328 mg	2,34	Sensible Nulo (-)
T5:20%	0,2664 mg	2,77	Sensible Nulo (-)

Fuente: Datos obtenidos por el investigador

INTERPRETACIÓN:

Los resultados de la Tabla 9 fueron evaluados a través de la escala propuesta por Duraffourd y Lapraz, como muy sensible (++) (15-19 mm) al T1 (15,21 mg), mientras que T2 (1,0656mg), considerándolo con una sensibilidad límite; finalmente, con T3, T4 y T5, sin valores de sensibilidad (-).

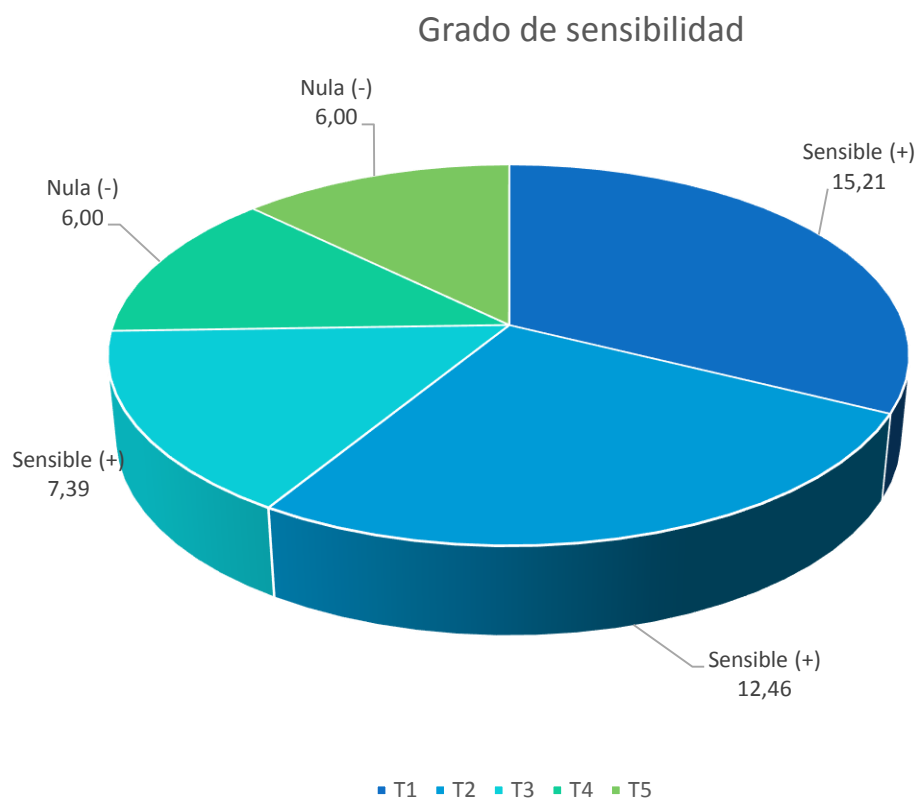


Figura 10. Interpretación de la sensibilidad del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*) utilizando la escala propuesta por Duraffourd y Lapraz frente a *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Actividad antibacteriana del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) y Nitrofurantoina *in vitro* frente *Escherichia coli* (ATCC 25922) utilizando la técnica de difusión Kirby-Bauer

	1H	2H	3H	4H	PROMEDIO
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
NITROFURANTOINA	33,70	33,68	33,59	33,54	33.62
EXTRACTO					
HIDROALCOHÓLICO	23,6	21,65	21,66	22,08	22.24
100%					

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

Los resultados consignados en la Tabla 10 indican que la nitrofurantoína produjo un halo promedio de 33,62 mm, clasificado como sumamente sensible (+). Por su parte, el extracto hidroalcohólico foliar al 100 % alcanzó un diámetro de 22,24 mm, también considerado dentro de la categoría de sumamente sensible (+).

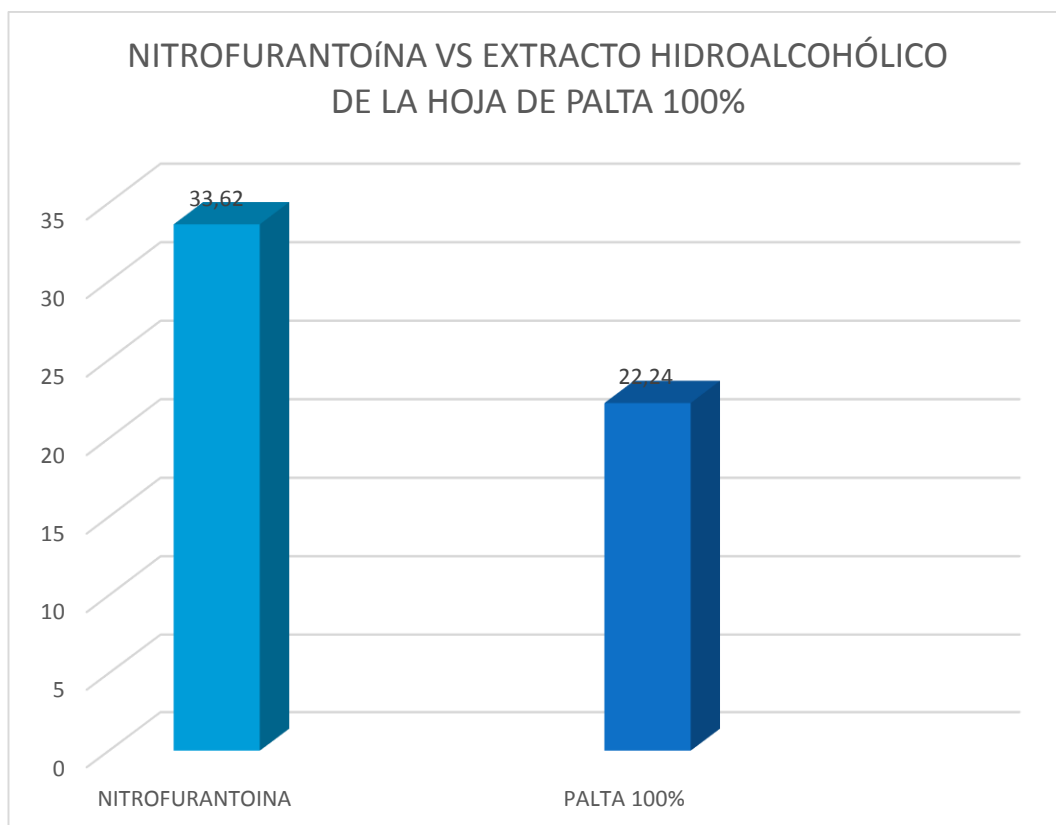


Figura 11. Actividad antibacteriana del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) y nitrofurantoína *in vitro* frente *Escherichia coli* (ATC 25922) utilizando la técnica en disco de Kirby-Bauer.

Fuente: Elaboración propia

PRUEBA DE NORMALIDAD

Para esta investigación se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, considerando que el número de muestras fue de 8. Se formularon las hipótesis, nula (H_0) y alternativa (H_1), con el fin de verificar si los datos se ajustan a una distribución normal o presentan desviaciones respecto a ella.

H_0 : Existe ajuste normal en la distribución de datos.

H_1 : No existe ajuste normal en la distribución de datos.

Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$ ó $\alpha = 0,05$

Es importante mencionar que el valor de significancia es un elemento clave para determinar cuál de las hipótesis es válida en la investigación, siguiendo los siguientes criterios:

CRITERIO DE DECISIÓN

1. Si el valor - $p \leq \alpha$: Se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa, por lo tanto, no hay distribución normal en los datos. Se debe aplicar pruebas no-paramétricas.

2. Si el valor - $p > \alpha$: Se acepta la hipótesis nula y rechaza la hipótesis alternativa, por lo tanto, hay distribución normal en los datos. Se debe aplicar pruebas paramétricas.

Tabla 13. Prueba de normalidad de halos de inhibición del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* frente *Escherichia coli* (ATC 25922).

Pruebas de normalidad						
Concentración	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
1,332mg	0,218	8	,200*	0,916	8	0,399
1,0656mg	0,250	8	0,151	0,885	8	0,212
0,7992 mg	0,268	8	0,094	0,892	8	0,245
0,5328 mg	0,211	8	,200*	0,863	8	0,129
0,2664 mg	0,232	8	,200*	0,877	8	0,174

INTERPRETACIÓN:

Se encontraron valores significativos al 5 % ($p > \alpha = 0,05$) en normalidad para los diámetros de inhibición frente a *Escherichia coli*, en todas las concentraciones evaluadas. Esto indica que los datos se ajustan a una distribución normal, por lo que se aplicó estadística paramétrica mediante análisis de varianza.

Prueba de hipótesis

Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$; $P > 0,05$

Hipótesis alternativa: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$; $P < 0,05$

H₀: No existe diferencia significativa en la acción antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) en distintas concentraciones *in vitro* frente a las cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922).

H₁: Existe diferencia significativa en la acción antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) en distintas concentraciones *in vitro* frente a las cepas de *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Tabla 14. Estadística ANOVA para cada concentración del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) con sus halos de inhibición correspondientes frente a *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Análisis de Varianza					
Concentración	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1060,997	4	265,249	535,386	0,000
Dentro de grupos	16,845	34	0,495		
Total	1077,842	38			

INTERPRETACIÓN:

El análisis de varianza ANOVA evidenció significancia con un P-valor < 0,05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa que confirma la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la actividad antifúngica del extracto foliar hidroalcohólico de palta variedad Fuerte (*Persea americana*) a distintas concentraciones *in vitro* frente a cepas *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Tabla 15. Evaluación de la actividad antibacteriana del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) y vancomicina *in vitro* frente *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.

	1H	2H	3H	4H	PROMEDIO
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
VANCOMICINA	17.75	16.66	16.43	17.02	16.9
EXTRACTO					
HIDROALCOHÓLICO	<6	<6	<6	<6	<6
100%					

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN:

En la Tabla 15 se presentan los diámetros de los halos de inhibición (mm) obtenidos con la concentración del 100 % del extracto hidroalcohólico foliar y con el antibiótico de referencia vancomicina. El promedio máximo correspondió a la vancomicina, con un halo de 16,9 mm, clasificado como muy sensible (++) . En contraste, el extracto hidroalcohólico mostró un diámetro menor de 6 mm, considerado como de sensibilidad nula.

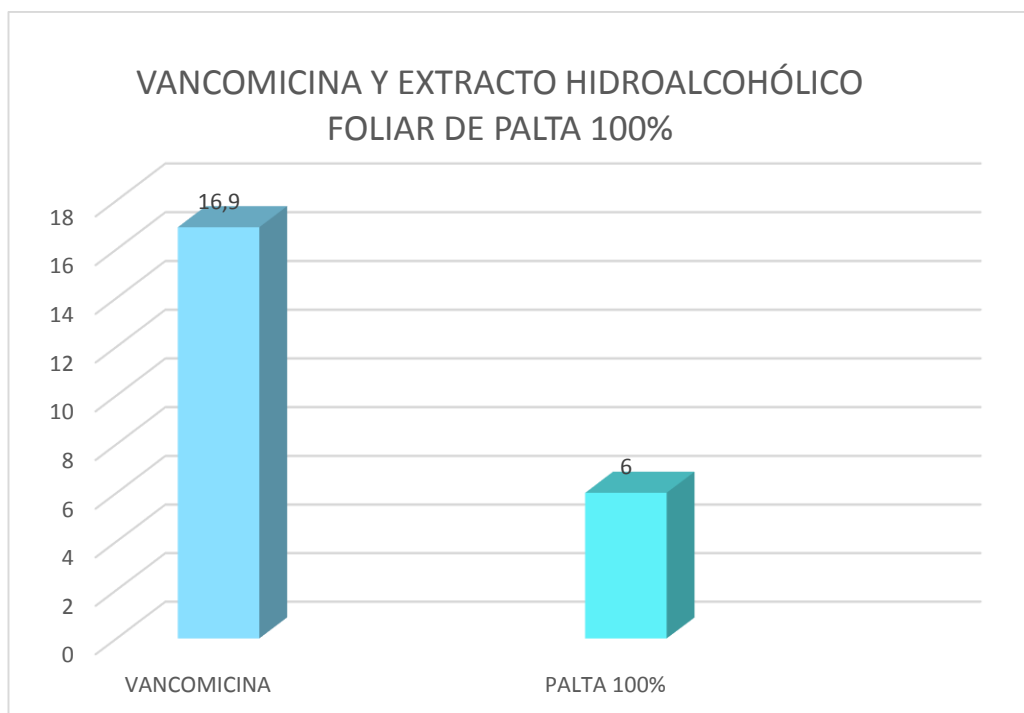


Figura 12. Actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) y vancomicina *in vitro* frente *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) utilizando el método de difusión en disco de Kirby-Bauer.

Fuente: Elaboración propia

Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de *Escherichia coli*

En los porcentajes tenemos el 80 % y 100 %, con sus respectivas concentraciones de 1,0656 mg y 1,332 mg.

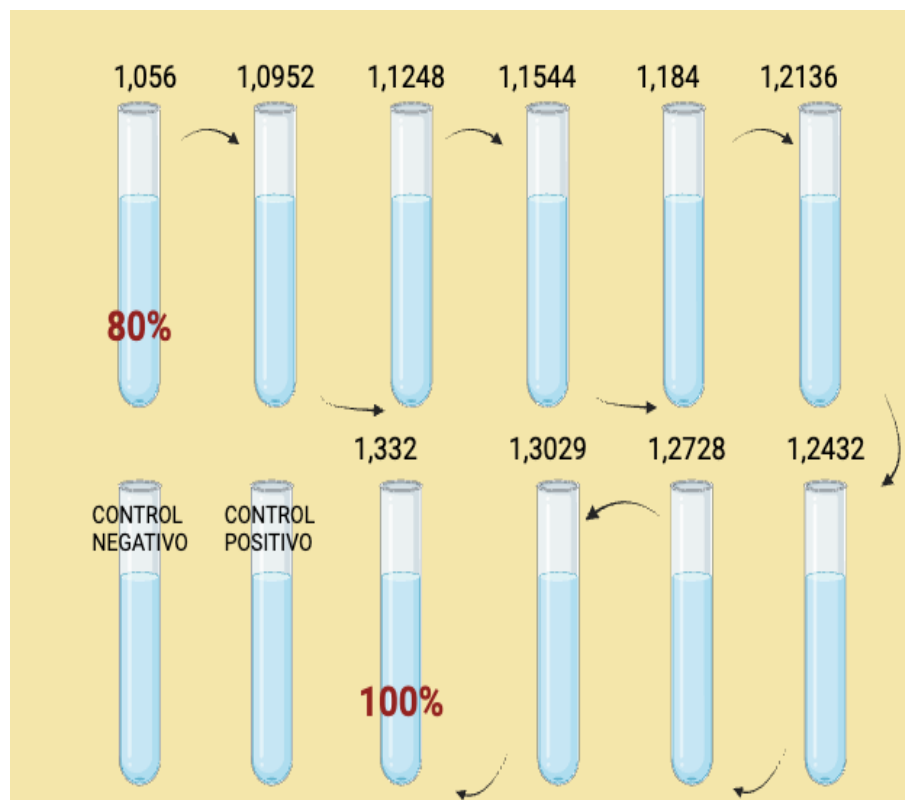


Figura 13. Representación gráfica de tubos de ensayo de Mínima concentración inhibitoria (CMI) de *Escherichia coli* (ATCC 25922).

$$P = \frac{X^f - X^l}{n - 1}$$

$$P = \frac{1,332 - 1,0656}{10 - 1}$$

$$P = \frac{0,2664}{9}$$

$$P = 0,0296$$

INTERPRETACIÓN:

Tal como se ha mencionado anteriormente, se tiene el valor de la CMI entre el 80 % a 100 %. Igualmente, se consideró sus concentraciones y se llevó a cabo la fórmula para hallar la diferencia entre los valores de las dos concentraciones; de tal forma se hallaron las concentraciones de cada tubo de ensayo.

Tabla 16. Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*) contra cepas *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Tratamiento	Concentración	Presencia de turbidez
T1	1,056	SI
T2	1,0952	SI
T3	1,1248	SI
T4	1,1544	SI
T5	1,184	SI
T6	1,2136	SI
T7	1,2432	NO
T8	1,2728	NO
T9	1,3029	NO
T10	1,332	NO
T11	CONTROL POSITIVO	SI
T12	CONTROL NEGATIVO	NO

INTERPRETACIÓN:

La Tabla 14 evidencia los resultados para establecer la mínima concentración inhibitoria (CMI); no se observaron indicios de turbidez a partir del Tratamiento N°07, 08, 09. Estos resultados confirman la inhibición del desarrollo de *Escherichia coli*, siendo su CMI a 1,2432 mg/ml.

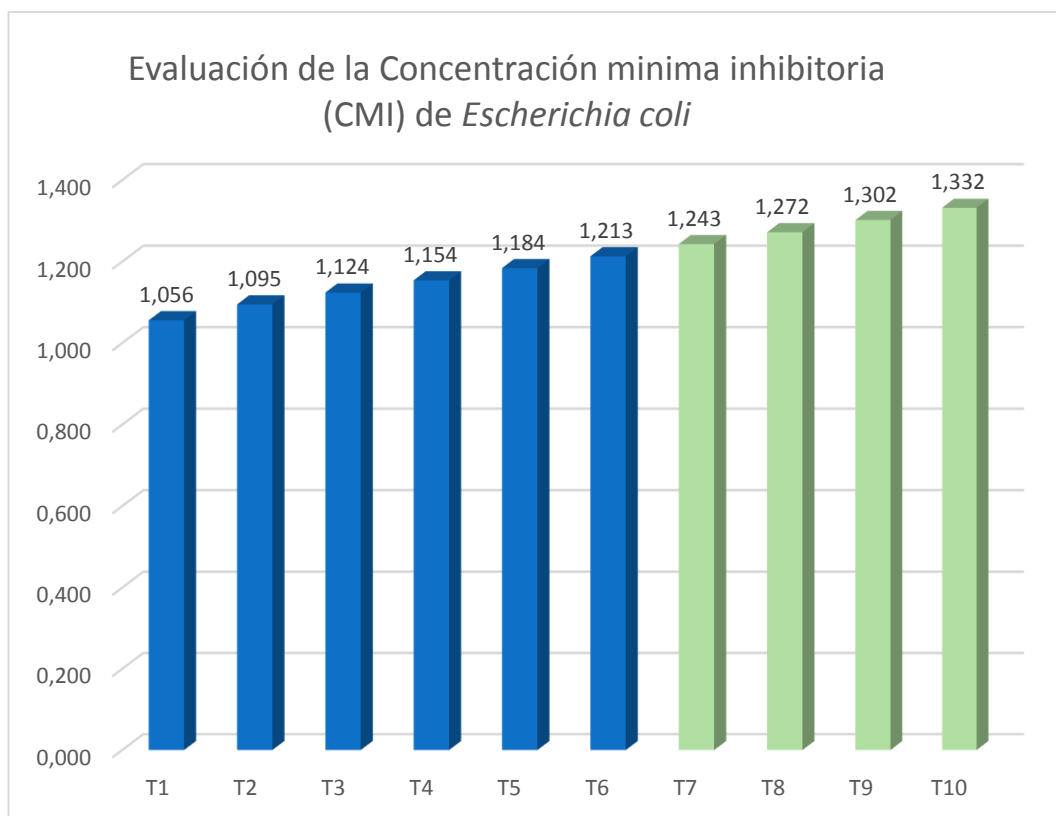


Figura 14. CMI del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*) frente a *Escherichia coli* (ATCC 25922).

Tabla 17. Concentraciones en los tubos de 80 % al 100 % con volumen, porcentaje y ml diluidos de la cepa *Escherichia coli* (ATCC 25922).

	[I]	[V _I]	[I _{X3}]	[V _{X3}]	BHI	10% Bacteria	3ml 3000 µl
1	1,056	23,78	3,168	71,34	2628,66	300	3000 µl
2	1,0952	24,667	3,2856	73,98	2626,02	300	3000 µl
3	1,1248	25,333	3,3744	75,999	2624,001	300	3000 µl
4	1,1544	26	3,4632	78	2622	300	3000 µl
5	1,1840	26,667	3,552	79,98	2620,02	300	3000 µl
6	1,2136	27,333	3,6408	81,999	2618,001	300	3000 µl
7	1,2432	28	3,7296	84	2616	300	3000 µl
8	1,2728	28,667	3,8184	85,98	2614,02	300	3000 µl
9	1,3029	29,33	3,9072	87,99	2612,01	300	3000 µl
10	1,332	30	3,996	90	2610	300	3000 µl

Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Evaluación para la determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) frente a *Escherichia coli* (ATCC 25922).

$$1,332 \rightarrow 100\%$$

$$1,2432 \rightarrow x$$

$$x = 93.333\%$$

INTERPRETACIÓN:

En el presente cuadro se logró considerar concentraciones, volumen y medio utilizado; con los referentes datos podemos interpretar los tubos de ensayo de CMI, en el cual el tubo N°07 es el primero en presentar actividad antimicrobiana, seguido por el tubo N° 08, N°09 y N°10. Seguidamente, se realizaron los cálculos correspondientes, tomando como referencia el porcentaje y el grado de concentración del extracto hidroalcohólico foliar de palta del 100 %, para obtener el porcentaje del tubo N°07 con la concentración de 1,2432 mg con el porcentaje del 93,333 %.

Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de *Candida albicans*

Se utilizaron en el ensayo los porcentajes de 60% y 100 %, con sus respectivas concentraciones de 0,7992 y 1,332 mg.

100% → 60%

1,332 → 0,7992

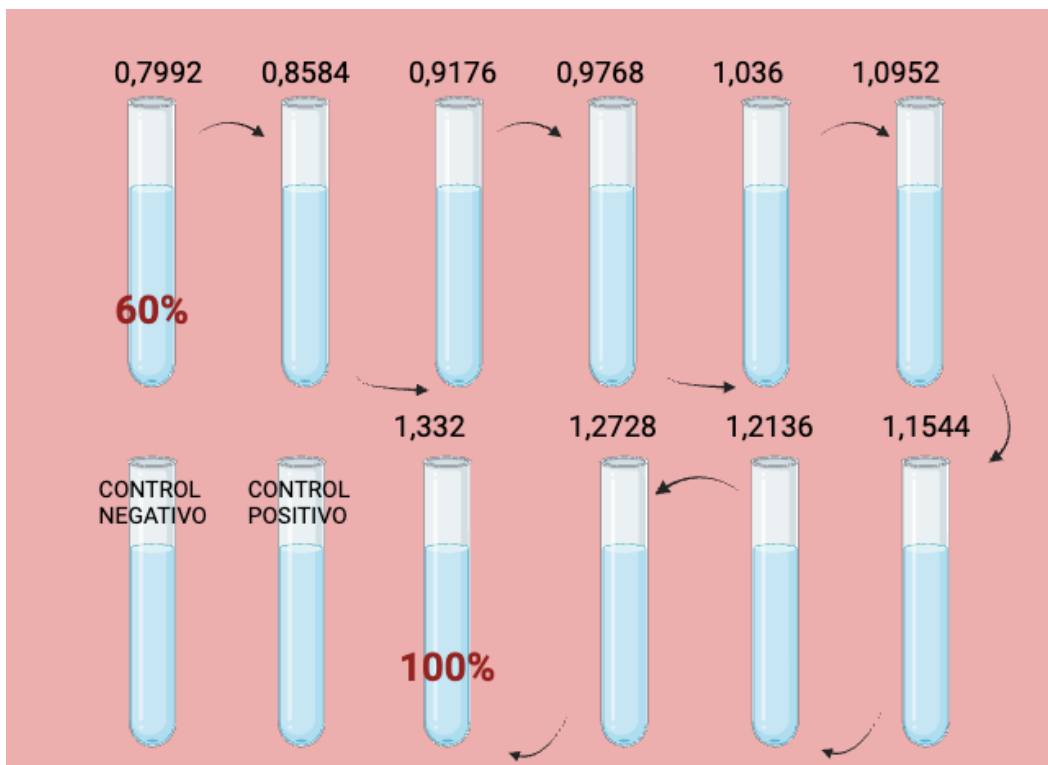


Figura 16. Representación gráfica de tubos de ensayo de la CMI de *Candida albicans* (ATCC 10231).

$$P = \frac{X^f - X^l}{n - 1}$$

$$P = \frac{1,332 - 0,7992}{10 - 1}$$

$$P = 0,0592$$

INTERPRETACIÓN:

Tal como se ha mencionado anteriormente, se identificó la mínima concentración inhibitoria dentro del rango de 60%, 80% y 100%. De la misma forma, se consideraron sus concentraciones y se llevó a cabo la fórmula para hallar la diferencia entre los valores de las dos concentraciones; de tal forma, se obtuvieron las concentraciones de cada tubo de ensayo.

Tabla 18. Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) frente a cepas de *Candida albicans* (ATCC 10231).

Tratamiento	Concentración	Presencia de turbidez
T1	0,7992	SI
T2	0,8584	SI
T3	0,9176	SI
T4	0,9768	SI
T5	1,036	NO
T6	1,0952	NO
T7	1,1544	NO
T8	1,2136	NO
T9	1,2728	NO
T10	1,332	NO
T11	CONTROL POSITIVO	SI
T12	CONTROL NEGATIVO	NO

INTERPRETACIÓN:

Mediante la Tabla 16 se evidencia que a partir del tratamiento N°05, 06, 07 no se observa turbidez en el medio, lo que confirma la inhibición del crecimiento de *Candida albicans*. De este modo la CMI se precisó en 1,036 mg/mL.

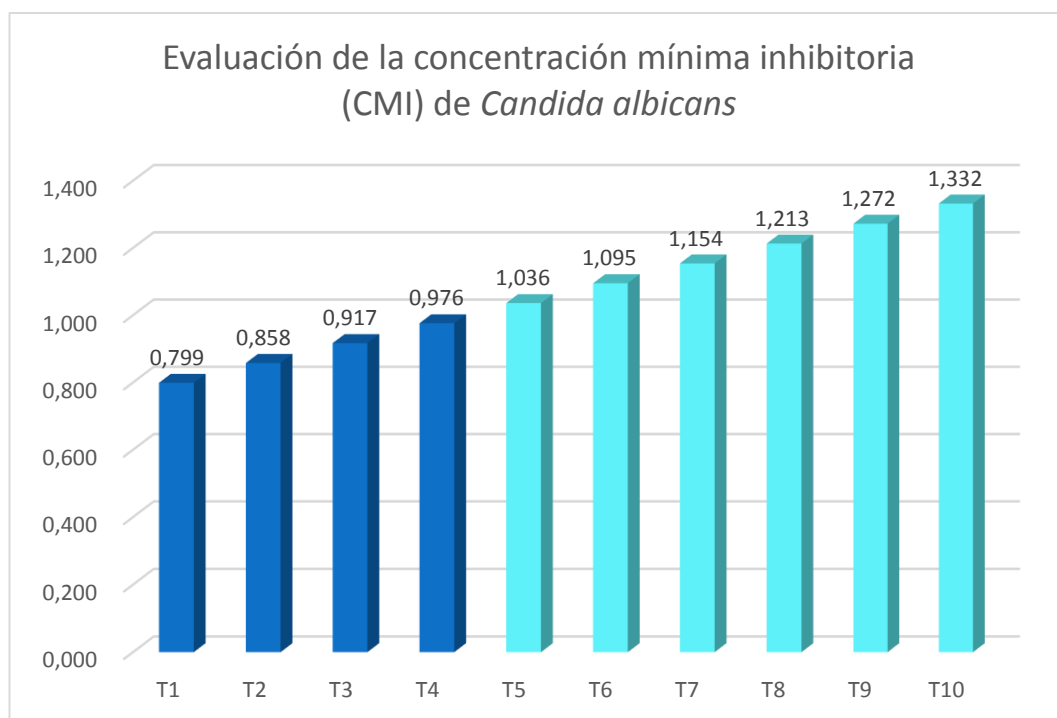


Figura 17. Evaluación de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*) frente a cepas *Candida albicans* (ATCC 10231).

Tabla 19. Resultados de concentraciones en tubos de 60 al 100 % con volumen, porcentaje y ml diluidos de la cepa *Candida albicans* (ATCC 10231).

	[I]	[V _I]	[I _{X3}]	[V _{X3}]	BHI	10% <i>Bacteria</i>	3ml 3000 μl
1	0,7992	18	2,3976	54	2646	300	3000 μl
2	0,8584	19,33	2,5752	57,99	2642,01	300	3000 μl
3	0,9176	20,66	2,7528	61,98	2638,02	300	3000 μl
4	0,9768	22	2,9304	66	2634	300	3000 μl
5	1,036	23,33	3,108	69,99	2630,01	300	3000 μl
6	1,0952	24,67	3,2856	74,01	2625,99	300	3000 μl
7	1,1544	26	3,4632	78	2622	300	3000 μl
8	1,2136	27,33	3,6408	81,99	2618,01	300	3000 μl
9	1,2728	28,67	3,8184	86,01	2613,99	300	3000 μl
10	1,332	30	3,996	90	2610	300	3000 μl



Figura 18. Evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de *Candida albicans* (ATCC 10231).

$$1,332 \rightarrow 100\%$$

$$1,036 \rightarrow x$$

$$x = 77\%$$

INTERPRETACIÓN:

En el presente cuadro se logró considerar concentraciones, volumen y medio utilizado; con los referentes datos podemos interpretar los tubos de ensayo de CMI, en el cual el N°05 es el primero en presentar actividad antimicrobiana, seguido por el tubo N°06, N°07, N°08, N°09 y N°10.

Seguidamente, se realizaron los cálculos correspondientes, tomando como referencia el porcentaje y concentración del extracto hidroalcohólico foliar de palta del 100 %, para obtener el porcentaje del tubo N°05 con la Concentración Mínima Inhibitoria de 1,036 mg con el porcentaje del 77 %.

Concentración Mínima Bactericida (CMB)

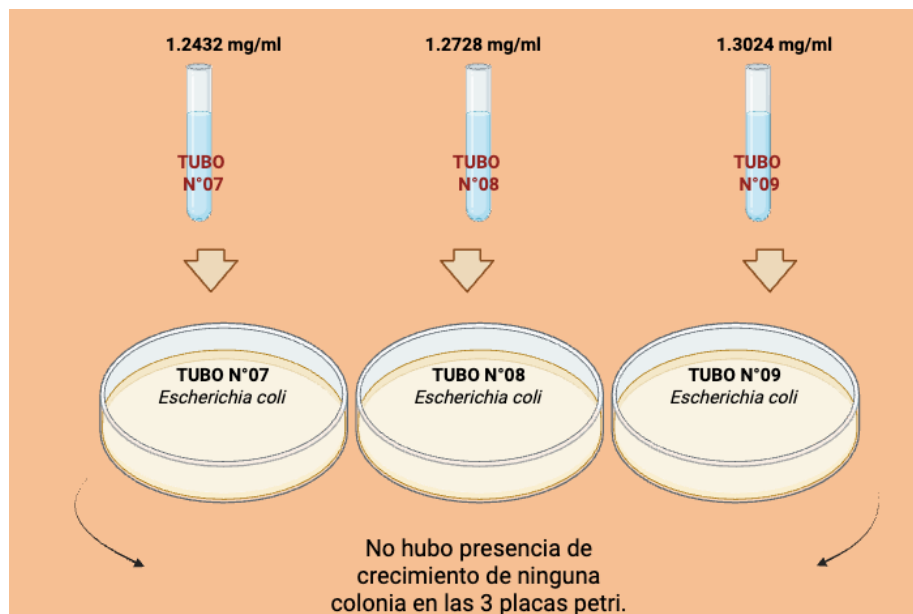


Figura 19. Placa Petri sembrada con tubos de la CMI de *Escherichia coli* (ATCC 25922).

T7	1,2432	93,333%
T8	1,2728	95,555%
T9	1,3024	97,777%

INTERPRETACIÓN:

Por consiguiente, se puede inferir, según los resultados, que la concentración del tubo N°07 tiene la misma CMI igual a la CMB con un porcentaje del 93,333 %. Seguidamente, las subsiguientes tienen un porcentaje cercano; el tubo N°08 tiene el 95,55 % y el tubo N°09 con un 97,777 %.

Concentración Mínima Fungicida (CMF)

De igual manera, consideran las normas a partir del CMI; se procedió a realizar CMF, por medio de placas Petri sembradas en agar Mueller Hinton, agregando 0,1 ml o 100 µl de tubos utilizados en el CMI en cada placa con diferentes concentraciones del extracto hidroalcohólico. Se utilizó el tubo N°05, N°06 y N°07.

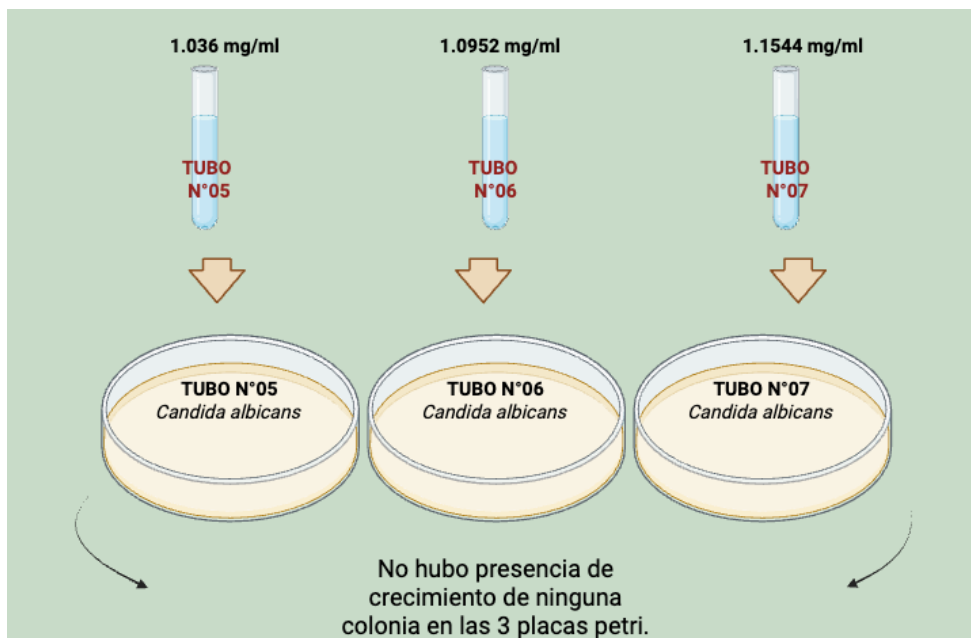


Figura 20. Placas Petri sembradas con tubo de Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de *Candida albicans* (ATCC 10231).

T5	1,036	77%
T6	1,0952	82,222%
T7	1,1544	86,666%

INTERPRETACIÓN:

Por consiguiente, se puede inferir, según los resultados, que el tubo N°05 tiene la concentración CMI y la CMF con un porcentaje del 77 %. Seguidamente, las subsiguientes tienen un porcentaje cercano; el tubo N°06 tiene el 82,222 % y el tubo N°09, con un 86,666 %.

Evaluación Fitoquímica del extracto foliar de palta Fuerte (*Persea americana*)

El laboratorio de cromatografía y espectrometría de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco reportó los resultados del ensayo de marcha fitoquímica mediante el método de reacción de gota, teniendo como muestra el extracto hidroalcohólico de hoja de palta Fuerte, declaran la detección de compuestos esteroides, fenólicos, flavonoides y triterpenos.



RESULTADOS

Cusco, 14 de Abril del 2025 ^{MF04}

Solicitante : Káterin Del Rosario Flores León
Tipo de Análisis : Marcha fitoquímica
Método : Reacciones a la gota
Tipo de Muestras : Extracto hidroalcoholico de hoja de Palta Fuerte
Cantidad de Muestra : 1, Tuvo de plastico con 50mL aproximadamente
Almacenamiento : 4 °C.
Fecha de Ingreso : 07/04/25

Ensayo	Metodo	Extracto hidroalcoholico de hoja de Palta Fuerte
Compuestos Fenólicos	Tricloruro de Hierro	+++
Flavonoides	Shinoda	+++
Alcaloides	Dragendorff	–
Triterpenos y Esteroides	Liebermann-Burchard	+++
Saponinas	Espuma	–
Taninos	Gelatina	–
Quinonas	Borntrager	–

Abundante = +++, Poco = ++, Muy Poco = +, Ausente = –

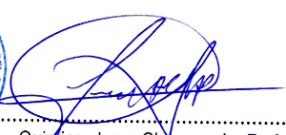
Nota:

El ensayo Fitoquímico realizado al extracto consistió en reacciones de coloración y/o precipitación, en el que se evaluó la presencia o ausencia de metabolitos secundarios

Referencia

- Lock de Ugaz O. 1994. "Investigación Fitoquímica Métodos en el estudio en los productos naturales" Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.




Quiquico. Jorge Chequenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría – UNSAAC.
CQP - 914

DISCUSIÓN

La actividad antibacteriana y antifúngica fue evaluada mediante un procedimiento realizado de acuerdo con las directrices del Instituto Nacional de Salud (INS), sustentado en los estándares del Comité Nacional de Estándares de Laboratorio Clínico (NCCLS), actualmente denominado Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Inicialmente se realizó el procedimiento de Kirby-Bauer; posteriormente, se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI); y, finalmente, se verificaron la concentración mínima bactericida y la Concentración Mínima Fungicida (CMF).

La medición de los halos de inhibición se fundamentó en la teoría de Duraffourd/Lapra, que los clasifica en cuatro categorías: sensibilidad nula, sensibilidad límite, muy sensible y sumamente sensible. Inicialmente se evaluó a diferentes concentraciones la actividad antibacteriana y antifúngica del extracto hidroalcohólico foliar de palta Fuerte (*Persea americana*). Estos resultados permiten concluir que el extracto exhibe una mayor actividad antifúngica contra *Candida albicans*, manifestándose aun en concentraciones reducidas. En forma similar, se observó actividad antibacteriana contra *Escherichia coli* en concentraciones superiores. Por el contrario, no se observa actividad antibacteriana contra el *Staphylococcus aureus*. Por lo que se observó mayor afinidad o efecto antimicrobiano; antifúngico que antibacteriano. Se evidenció actividad antibacteriana contra bacterias Gram negativas,

mientras que no se observó efecto sobre las Gram positivas utilizadas en este estudio.

En forma similar, otro estudio realizado por Kavaz, D.Ogbonna, C.(17) analizaron la actividad antibacteriana de los extractos etanólico y metanólico de hojas de palta contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, verificando su eficacia y relacionándola con la presencia de metabolitos secundarios bioactivos. La variación de resultados frente a esta investigación puede atribuirse por diferencias al empleo de diferentes solventes, lo cual repercute en la extracción de compuestos fitoquímicos tanto en cantidad como en calidad. Dicha eficacia puede estar relacionada a la polaridad de solventes, que podría de cierta manera, afectar la forma en que ciertos compuestos de las muestras se disuelven o interactúan con los solventes.

El trabajo realizado por Yusuf et al. (13) fue focalizado hacía el análisis de la variedad *Persea americana Mill* en relación contra la bacteria *Staphylococcus aureus*. De acuerdo con el análisis fitoquímico realizado, se evidencia una similitud en la composición de flavonoides. Sin embargo, se observa una diferencia significativa debido a la notable presencia de alcaloides, saponinas y taninos. Se presenta otra concordancia que clasifica las concentraciones de la hoja de la planta en los porcentajes de 20 %, 40 %, 60 % y 80 %, excluyendo el 100 %. Se ha observado actividad antibacteriana en todas las concentraciones, comenzando desde un nivel intermedio y alcanzando posteriormente una alta intensidad antibacteriana. Se concluye que el extracto evidencia acción contra bacterias a partir del concentrado al 20% sobre *Staphylococcus aureus*. En contraste, en la presente tesis, la

concentración mínima necesaria para observar actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* no existe. Con ello podemos deducir que existe diferente grado de nivel en base a diferentes composiciones fitoquímicas foliares de palta *Persea americana* les da diferente efectividad antibacteriana, a pesar de utilizar el mismo solvente de extracción.

De manera similar, el estudio realizado por Santos L. et al. (14) respalda lo anteriormente mencionado. Mediante la utilización foliar de *Persea americana* Mill. La composición fitoquímica obtenida fue diferente aparte de los flavonoides, resalta la presencia de cumarinas, taninos y alcaloides. Se evaluaron dos extractos distintos, uno acuoso y el otro etanólico al 1 %, mediante el método de Kirby-Bauer. El extracto acuoso resultante presenta una diferencia sustancial que es de relevancia para lo abordado en esta investigación. Los hallazgos evidencian la actividad antibacteriana del extracto acuoso, mientras que no se encontraron resultados efectivos para el extracto etanólico contra bacterias (*Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*). Se deduce que los resultados de dicha investigación divergen frente a la presente tesis debido a la diferente especie utilizada (contiene diferente composición fitoquímica) y a los distintos procedimientos empleados en la obtención del extracto. Los cuales intervienen en la extracción de distintos componentes fitoquímicos.

Se han realizado otros estudios sobre la palta (*Persea americana*) de diferentes variedades, como la *Choquette*. En este contexto, se hace referencia al estudio de Sierra J. et al. (15), en el cual

se evaluó la actividad antibacterial de *Choquette* contra cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Hallazgos encontrados confirman las mínimas concentraciones de inhibición (CMI) y bactericidas (CMB) para la semilla y cáscara de la palta, aunque sin resultados para la pulpa. Asimismo, se empleó la técnica de difusión en disco para determinar la CMI y la CMB. Dentro del marco de las investigaciones sobre diversas especies, es importante destacar el trabajo de investigación desarrollado en Vieira et al. (16), aquel estudio evaluó a la palta en componentes: cáscara, pulpa y la semilla de las 4 especies *Fortuna*, *Hass*, *Margarida* y *Quintal*. El objetivo común que planteó este estudio fue identificar propiedades antibacterianas, y se determinó que la cáscara de la variedad *Quintal* presentaba la mayor actividad antibacteriana. Se concluyó que existe actividad antibacteriana en el aguacate (*Persea americana*) existiendo diferencias significativas entre sus distintas variedades, a pesar de realizar una metodología uniforme, analizando diversas partes del árbol de aguacate y obteniendo diferente composición fitoquímica. Además, existe una igualdad con el presente estudio, relacionando los niveles altos en compuestos fenólicos y flavonoides con la actividad antimicrobiana y antioxidante, demostrando que la variedad *Quintal* presentó mayor inhibición a las presentes cepas relacionadas por su mayor contenido en dichos compuestos bioactivos. Como consecuencia, con los resultados se deduce que la actividad antimicrobiana registrada se relaciona de manera directa con la presencia predominante de flavonoides y compuestos fenólicos, confirmada mediante la prueba de gota. Siendo respaldado por Kavaz, D.Ogbonna, C.(17), donde se resaltó de igual forma la presencia de dichos compuestos como importancia en la acción antibacteriana.

A nivel nacional, se puede mencionar la investigación realizada por Alfaro, R. y Chachaque, J. (18), quienes estudiaron el efecto contra bacterias del epicarpio de *Persea americana*. Este estudio observó una actividad antibacteriana significativa sobre *Staphylococcus aureus* en diversas concentraciones, lo cual se diferencia de la presente investigación, que no ha encontrado un porcentaje significativo que respalde su actividad antibacteriana frente a dicha cepa, a pesar de haber utilizado el mismo disolvente. Esta discrepancia puede atribuirse al uso específico de la cáscara en lugar de las hojas. Es importante señalar que la utilización de diferentes partes de la planta y las distintas zonas de crecimiento de la misma pueden dar lugar a propiedades diferentes. En este contexto, la muestra utilizada en la investigación de Ica se contrasta con la de nuestra presente tesis, que proviene de Moquegua. Se identificaron similitudes y diferencias en la composición fitoquímica, coincidiendo en la identificación de polifenoles, flavonoides y antraquinonas. Sin embargo, a diferencia de la presente tesis, se logró identificar la presencia de taninos.

En definitiva, se confirma anteriormente mencionado en nuestros resultados que existe una relación directa entre los procesos de inhibición y el nivel de concentración. En concordancia con la investigación previa se destaca la investigación de McCormack Chacón KF (19), quien además de presentar dicha conclusión, aporta hallando acción contra bacterias en su investigación del extracto en etanol de la variedad de *Persea americana* frente a *Staphylococcus aureus* a partir del 50 % de dicho extracto. Sugiere la relevancia de las variaciones de la composición fitoquímica por ubicación geográfica de las plantas,

dependiendo del suelo enriquecido por donde crecen y se nutren. De dicha forma afectan su potencia antibacteriana.

Otra investigación que presenta resultados diferentes a los de la presente fue realizada por Herrera.F., Suarez.N (22). La actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de *Persea americana* fue analizada frente a *Escherichia coli*, sin observarse efecto inhibitorio positivo. La falta de actividad registrada puede deberse a la falencia asociada con la utilización de un extracto crudo, que no permitió una interacción efectiva con la pared nuclear que rodea el ácido nucleico. Es fundamental resaltar la importancia de seguir el procedimiento adecuado desde el primer paso en la preparación del extracto. Sin la separación ni la purificación, el extracto en su estado crudo no alcanzaría la actividad antibacteriana sobre ninguna cepa bacteriana. Por lo tanto, se afirma que se ha aplicado de forma efectiva el procedimiento adecuado a este estudio.

Los hallazgos de esta investigación muestran concordancia con los resultados descritos por Rivera Gonzales C.A. (21), quien sostiene que el extracto foliar hidroalcohólico de *Persea americana* posee acción antifúngica contra la cepa *Candida albicans*, utilizando procedimientos idénticos al de la presente investigación. Esto se mantiene a pesar de que el lugar de crecimiento de la muestra utilizada difiera entre Moquegua y Tacna. Se notó una diferencia en la inhibición de CMI inhibitoria que impide su desarrollo, que fue de 20,835 mg/ml. En este estudio, se registró una CMI = 1,036 mg/ml para comprobar esa

actividad. Al considerar su composición fitoquímica, se encontraron similitudes en los compuestos esteroides, fenólicos, flavonoides Y triterpenos, sin embargo, los resultados difirieron para el caso de los taninos, lo cual puede justificarse por la utilización de diferentes especies o por las variaciones en el lugar de crecimiento de la planta, lo que respalda el análisis previamente mencionado. Se podría concluir que los taninos no están asociados con la actividad antifúngica en palta Fuerte (*Persea americana*). Se relacionaría su actividad antifúngica en los compuestos fenólicos, flavonoides, triterpenos y esteroides.

A partir del análisis realizado y considerando la bibliografía mencionada en la presente tesis, se concluye que existe una diferencia en la composición fitoquímica, a pesar de tratarse de la misma planta. El entorno en el que crece una planta medicinal, incluyendo variables como la temperatura, la concentración de CO₂, la luz, la salinidad, la fertilidad del suelo y el estrés ambiental, el factor observado tiene una influencia significativa sobre la síntesis de metabolitos secundarios, lo que genera diferencias notables incluso dentro de la misma especie cultivada en distintas regiones. (59)

Al revisar el análisis que se habló antes, se puede confirmar que conseguir metabolitos secundarios de plantas medicinales depende mucho del tipo de solvente que se use en el proceso de extracción. Cada solvente presenta una polaridad distinta, lo que influye en su capacidad para solubilizar ciertos grupos de compuestos químicos. En el caso de

Phaseolus vulgaris (frijol común), se ha observado que los solventes de alta polaridad generan un rendimiento total de extracción elevado; sin embargo, presentan un contenido inferior hallados para flavonoides y fenoles en contraste con solventes de menor polaridad. En contraste, los solventes polares extrajeron de manera significativa compuestos con elevada actividad antioxidante. Disolventes polares como agua y etanol suelen favorecer la extracción de flavonoides, taninos, alcaloides y saponinas. Por otro lado, los solventes menos polares, como el cloroformo, etil-acetato y éter de petróleo, resultan ser más eficaces para el aislamiento de terpenoides, esteroides, lípidos y ciertos tipos de alcaloides apolares. (60)

Asimismo, se confirmaría que las diversas partes de una planta como la palta, desde tallos hasta flores, presentan composiciones fitoquímicas significativamente diferentes, lo que da lugar a extractos con propiedades químicas y biológicas distintas. Por ejemplo, un estudio adicional demostró que los extractos de hojas obtenidos con metanol o agua presentaban una notable concentración de metabolitos, tales como fenoles, esteroides, terpenoides y glucósidos. En los tallos, dichos solventes también extrajeron compuestos análogos, mientras que en las raíces predominó la presencia de quinonas (utilizando etilacetato) y aceites volátiles (empleando hexano). Este texto ilustra cómo cada parte de la planta contiene diferentes fitoquímicos, los cuales son extraíbles en función del solvente utilizado. Este fenómeno se explica por el hecho de que ciertas moléculas bioactivas tienden a acumularse preferentemente en tejidos específicos, como los antioxidantes en las hojas expuestas a la luz solar o los metabolitos de defensa en las raíces.

Esto demuestra que la parte de la planta seleccionada para la extracción puede influir en la efectividad del material resultante. (61)

Se mencionaron diferentes variedades de palta (*Persea americana*), lo que evidencia que, aun perteneciendo a la misma especie, pueden presentar variaciones significativas en su composición fitoquímica. Estas diferencias en los compuestos bioactivos se traducen en cambios en sus propiedades biológicas y, por ende, en su actividad antimicrobiana. Un análisis de diversas variedades locales de soja negra evidenció que los niveles de compuestos fitoquímicos y la actividad antioxidante presentaron variaciones significativas entre las distintas muestras. Esto evidencia diferencias químicas dentro de la misma especie. La variación en la composición fitoquímica entre variedades de una misma especie se atribuye principalmente a las diferencias genéticas que existen entre ellas. Estas diferencias comprenden alteraciones en los genes que codifican enzimas biosintéticas fundamentales, así como en la regulación génica o mutaciones puntuales que modulan la biosíntesis de compuestos secundarios. (62)

Relacionando la composición fitoquímica de este estudio elaborado con los trabajos previos de índole nacional como internacional, se evidenció la presencia compuestos fenólicos y flavonoides predomina en las investigaciones que validan las acciones contra bacterias y hongos. Donde fenoles simples, debido a su estructura constituida por un anillo aromático con grupos hidroxilo (-OH), son

capaces de interactuar directamente con los fosfolípidos de la pared celular de bacteriana y de hongos, provocando alteración de la permeabilidad, fuga de iones esenciales (K^+ , Ca^{2+}) y desorganización de la bicapa lipídica. Este mecanismo desencadena la pérdida del equilibrio osmótico y la lisis celular. En hongos como *Candida albicans*, los fenoles simples producen un daño directo en la pared/membrana celular, cuando afecta la biosíntesis de ergosterol y la generación de hifas, se reduce la capacidad de adhesión y la formación del biofilm. (63)(64)

Por otro lado, los compuestos fenólicos complejos, ejercen efectos antimicrobianos mediante interacción con la pared celular, inducción de procesos de reacciones oxidativas y desequilibrio en la homeostasis metabólica. La acción combinada de fenoles y compuestos fenólicos genera un efecto sinérgico, afectando tanto la integridad estructural como los procesos metabólicos del microorganismo. Este comportamiento es afín con otras investigaciones que reflejan una mayor concentración del extracto asociada con un incremento en la actividad inhibitoria. (65)

Finalmente, al analizar los hallazgos de anteriores autores contrastado con este estudio, por lo que en definitiva hubo constatación de que el extracto hidroalcohólico no supera a los antibióticos y antifúngicos referenciados, por lo que se atribuye a la palta como una alternativa complementaria para un tratamiento antibacteriano y antifúngico.

Este comportamiento sugiere que los metabolitos bioactivos en el extracto (principalmente compuestos fenólicos y flavonoides) inhiben en mayor medida cuando están disponibles en mayor cantidad, lo que

refuerza la noción de que la actividad biológica del extracto depende de su concentración. Si bien el extracto no superó la actividad de los antimicrobianos de referencia (vancomicina, nitrofurantoína y nistatina), según la cepa analizada, su actividad constante y creciente sugiere que puede ser un agente antimicrobiano alternativo. Y esto es de interés, ya que cada vez existe mayor interés por fuentes naturales con capacidad inhibitoria frente a microorganismos de interés clínico.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Los resultados evidenciaron que el extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* no posee concentraciones mínimas de carácter inhibitorio (CMI) y bactericida (CMB) frente a las cepas *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538).

SEGUNDA: Se estableció la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* contra las cepas *Escherichia coli* (ATCC 25922), siendo concentraciones equivalentes de 1,2432 mg/ml con un porcentaje de 93,333 %.

TERCERA: Hubo registros de las concentraciones mínimas inhibitoria (CMI) y fungicida (CMF) del extracto foliar hidroalcohólico de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* contra las cepas *Candida albicans* (ATCC 10231), siendo concentraciones equivalentes de 1,036 mg/ml con un porcentaje de 77 %.

CUARTA: Se comparó la actividad antibacteriana y antifúngica del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*) *in vitro* y los antimicrobianos de referencia frente a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Candida albicans* (ATCC 10231) y de *Escherichia coli* (ATCC 25922); demostrando que no superó la actividad de los antimicrobianos de referencia.

QUINTA: Se identificaron metabolitos secundarios en el extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*), entre ellos compuestos fenólicos y flavonoides. Se atribuyen como los principales responsables de la actividad antibacteriana observada.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se sugiere extender los tipos evaluados de microorganismos para posteriores estudios, incluyendo cepas clínicas multirresistentes, con la finalidad de validar al extracto en su eficacia contra bacterias, así como hongos de mayor relevancia clínica.

SEGUNDA: Se sugiere a la comunidad científica, promover el acceso a repositorios de tesis y datos científicos sobre especies vegetales con potencial antimicrobiano, para facilitar futuras investigaciones y evitar duplicidad de esfuerzos.

TERCERA: Se recomienda que se implementen equipos en Facultad de Ciencias de la así como materiales y diversos reactivos con el propósito de fomentar nuevos estudios dentro de la Escuela de Farmacia y Bioquímica, contribuyendo así al ámbito científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Antimicrobial resistance [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [citado 1 oct 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>.
2. Gómez BL, Escandón P. Las infecciones fúngicas: una amenaza creciente. *Biomédica*. 2023 Ago;43(Supl 1):11–16. doi: 10.7705/biomedica.7214.
3. República del Perú, Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PromPerú. Súper palta. Super Foods Perú [Internet]. [citado 26 oct 2024]. Disponible en: <https://sites.peru.info/es-pe/superfoods/detalle/super-palta>
4. Conde Cayllahua H. Efecto antifúngico del extracto hidroalcohólico de las semillas de Persea [tesis de pregrado]. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2022. [citado 26 oct 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/12df8f36-3d56-4e86-b5ea-a48d312d5fba/content>
5. Iglesias-Guevara D, Sánchez-Torres P. Caracterización de las propiedades antifúngicas de extractos de hojas de aguacate y flores

de majagua y su potencial aplicación para el control de *Alternaria alternata*. *Rev Int Microbiol Alimentos*. 2024 [citado 1 oct 2024];413(2). doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110579.

6. González J, Rodríguez C, García S, et al. Resistencia bacteriana a los antibióticos: una revisión. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2014;32(9):537-45. [citado 26 oct 2024]. doi: 10.1016/j.eimc.2014.05.014.
7. Quino Sifuentes W, Alvarado Guerrero JI. La resistencia antimicrobiana en Perú: un problema de salud pública. *Alpha Centauri* [Internet]. 2021 jun 19 [citado 1 oct 2025];2(3):15-22. Disponible en: <https://journalalphacentauri.com/index.php/revista/article/view/38>.
8. Gobierno de España, Instituto de Salud Carlos III. Informe de la OMS coordinado por el ISCIII sobre patógenos fúngicos críticos busca mejorar la lucha contra infecciones por hongos [Internet]. 2022 [citado 13 oct 2024]. Disponible en: <https://www.isciii.es/w/un-informe-de-la-oms-coordinado-por-el-isciii-sobre-patogenos-fungicos-criticos-busca-mejorar-la-lucha-contrainfecciones-por-hongos-1>
9. PROMPERÚ. Palta Hass consolida al Perú como el segundo productor y exportador a nivel mundial [Internet]. Lima: PROMPERÚ; 2021 [citado 1 oct 2024].

Disponibile en:
<https://boletines.exportemos.pe/1718/palta-hass-consolida-al-peru-como-el-segundo-productor-y-exportador-a-nivel-mundial>.

10. Makopa M, Mangiza B, Banda B, Mozirandi W, Mombeshora M, Mukanganyama S. Antibacterial, antifungal, and antidiabetic effects of leaf extracts from *Persea americana* Mill (Lauraceae). *Evid Based Complement Alternat Med.* 2020;2020:8884300. doi: 10.1155/2020/8884300.

11. Ngbolua K-T-N, Ngiala GB, Liyongo CI, Ashande CM, Lufuluabo GL, Mukiza J, Mpiana PT. A mini-review on the phytochemistry and pharmacology of the medicinal plant species *Persea americana* Mill. (Lauraceae). *Discovery Phytomedicine.* 2019;6(3):102-11. [citado 26 oct 2024]. doi: 10.15562/phytomedicine.2019.99.

12. World Health Organization. WHO publishes list of bacteria for which new antibiotics are urgently needed [Internet]. Ginebra: World Health Organization; 2017 [citado 1 oct 2024]. Disponible en:
<https://www.who.int/es/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>

13. Yusuf F, Widya Rochmatil Ulla U, Simbolon M. Antibacterial test of avocado leaf ethanol extract (*Persea americana* Mill) on *Staphylococcus aureus* bacteria [Internet]. *Int J Health Eng Technol.* 2023 [citado 1 oct 2024];2(4):132-7. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/376381890_Antibacterial_Test_Of_Avocado_Leaf_Ethanol_Extract_Persea_americana_Mill_On_Staphylococcus_Aureus_Bacteria.

14. Santos Lima LP, Dias Maía DM, Farias Andrade V, Antunes T, Barbosa Figueiredo FJ, Ribeiro Ruas L, et al. Estudo fitoquímico e avaliação da atividade antibacteriana dos extratos das folhas de *Persea americana* Mill. *Brazilian Journal of Development* [Internet]. 2021 [citado 1 oct 2024];7(10):98119-29. Disponible en: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/37995>.
15. Sierra Castrillo J, Gómez Rave LJ, Muñoz AX, Ramírez Hoyos F, Patiño Rojas I, Zapata Baron S, León Rojas D, Bermúdez Pirela V. Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de extractos de *Persea americana* (Aguacate) variedad Choquette sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. [Revista científica]. *Kasmera*. 2020 Oct 23;48(2):e48230835. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/kasmera/article/view/30835>.
16. Vieira DA, Helmann GA, Detoni AM, Colucci de Carvalho SL, de Aguiar CM, Martin CA, Tiunan TS, Cottica SM. Antioxidant and antibacterial activity and preliminary toxicity analysis of four varieties of avocado (*Persea americana* Mill.). *Braz J Food Technol* [Internet]. 2019 [citado 1 oct 2024];22(2):1-10.

Disponible en:
<https://www.scielo.br/j/bjft/a/D5ZXYLRqrY5K6RX6G8mj8sw/>

17. Kavaz D, Ogbonna C. Comparative study of biological activity and chemical composition of methanolic and ethanolic plant extracts of *Persea americana* leaves in vitro [Internet]. *Eur J Sci Technol*. 2019 [citado 1 oct 2024];17:261-70. DOI: 10.31590/ejosat.

Disponible en:
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/841319>.

18. Alfaro Araujo RM, Chachaque Salcedo J. Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico del epicarpio de *Persea americana* (palta) frente a cepas de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad María Auxiliadora; 2023 [citado 1 oct 2024].

Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12970/1815>.

19. McComack CKF. Efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Persea americana* “palta” sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 comparado con Oxacilina: estudio in vitro [Tesis de pregrado]. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo; 2019.

Disponible en:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/40391/Mccomack_CKF-SD.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

20. Herrera Camayo F, Suárez Díaz N. Evaluación de la eficacia antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hojas de *Persea*

americana Mill. (palta) frente a *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* [Tesis de pregrado]. Huancayo: Universidad Roosevelt; 2022.

Disponible en:
<https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/handle/20.500.14140/1050>

21. Rivera Gonzales C. Actividad antimicótica in vitro del extracto hidroalcohólico de hojas de *Persea americana* (palta) frente a cepas de *Candida albicans* ATCC 10231 [Tesis de pregrado]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2023 [citado 1 oct 2024].

Disponible en:
<https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/76fb7e40-3d96-4b29-8830-10dba78cb375/content>.

22. Ayra Mayo ME. Taxones de insectos que interactúan con las flores de los cultivos de palto (*Persea americana* Mill.) del CIFO – UNHEVAL [Tesis de pregrado]. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán; 2023 [citado 19 sep 2025].

Disponible en:
<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8558>.

23. Flores-Izquierdo MA, Espinoza-Villanueva LE. Situación actual y perspectivas de la producción de palta (*Persea americana*) peruana en el contexto del comercio internacional. *Ing. ind. (Lima)*. 2023 nov;(45):157–73. doi: 10.26439/ing.ind2023.n45.6316.

24. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Producción de palta se incrementó en 13 departamentos y creció 10,1% [nota de prensa en Internet]. Lima: INEI; 2022 [citado 1 jul 2025]. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-palta-se-incremento-en-13-departamentos-y-crecio-101-13871/>.
25. Chil I, Molina S, Ortiz L, Dutok CySN. Estado del arte de la especie *Persea americana* Mill (aguacate) [Revista científica]. Amazonia Investiga. 2019;8(21):73–86. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/328004519.pdf>
26. Olasunkanmi AM, Ogunyemi O. Phytochemical constituents and antioxidant activity of *Persea americana* leaves [artículo de revista]. Int J Chem Res. 2023;7(3) [citado 2024 Oct 16]. doi:10.22159/ijcr.2023v7i3.219.
27. Zahra M, Abrahamse H, George BP. Flavonoids: antioxidant powerhouses and their role in nanomedicine [artículo de revista]. Antioxidants. 2024;13(8):922. doi:10.3390/antiox13080922.
28. Patra AK. An overview of antimicrobial properties of different classes of phytochemicals [capítulo de libro]. En: Dietary Phytochemicals and Microbes. Dordrecht: Springer Netherlands; 2012 feb 18. p. 1–32. doi:10.1007/978-94-007-3926-0_1.

29. Timilsena YP, Phosanam A, Stockmann R. Perspectives on saponins: food functionality and applications [artículo de revista]. *Int J Mol Sci.* 2023;24(17):13538. doi:10.3390/ijms241713538.
30. Sulaiman M, Jannat K, Nissapatorn V, Rahmatullah M, Paul AK, de Lourdes Pereira M, et al. Antibacterial and antifungal alkaloids from Asian angiosperms: distribution, mechanisms of action, structure-activity, and clinical potentials [artículo de revista]. *Antibiotics (Basel).* 2022;11(9):1146. doi:10.3390/antibiotics11091146.
31. Abazar Elmamoon Ball Elsheep MA, Kolli UR, Salih Saeed YO, Chimakurthy J, Pingili RB. A comprehensive review on pharmacological activities of alkaloids: evidence from preclinical studies [artículo en Internet]. *IJAM.* 2022;13(1):6–14. [citado 6 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.ijam.co.in/index.php/ijam/article/view/2486>.
32. Szczurek A. Perspectivas sobre los taninos [artículo en Internet]. *Biomolecules.* 2021;11(3):442. [citado 6 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2218-273X/11/3/442>
33. Pizzi A. Aplicaciones médicas, farmacológicas y afines de los taninos: una revisión crítica [artículo de revista]. *Sustainable Chemistry and Pharmacy.* 2021;22:100481. doi:10.1016/j.scp.2021.100481.

34. Xu L, Wang X. A comprehensive review of phenolic compounds in horticultural plants [artículo de revista]. *Int J Mol Sci.* 2025;26(12):5767. doi:10.3390/ijms26125767.
35. Al Mamari HH. Phenolic compounds: classification, chemistry, and updated techniques of analysis and synthesis [capítulo de libro en Internet]. En: Badria FA, editor. *Phenolic Compounds – Chemistry, Synthesis, Diversity, Non Conventional Industrial, Pharmaceutical and Therapeutic Applications*. IntechOpen; 2021 [citado 2025 Sep 6]. doi: 10.5772/intechopen.98958.
36. Moghaddam G, Ahmadzadeh S, Kashani HH. Antibacterial and antifungal activities of triterpenes and triterpenoids: a review [artículo en Internet]. *J Herbmed Pharmacol.* 2022 [citado 2025 Sep 6];11(4):505–512. doi: 10.34172/jhp.2022.60.
37. Mataracı-Kara E, Bayrak N, Yıldız M, Yıldırım H, Özbek-Çelik B, Tuyen AF. Discovery and structure–activity relationships of the quinolinequinones: promising antimicrobial agents and mode of action evaluation [artículo en Internet]. *Drug Dev Res.* 2022 May;83(3):628–636. doi: 10.1002/ddr.21893.
38. Abdullahi RA, Abubakar M, Haque M. Preparation of medicinal plants: basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes [artículo en Internet]. *J Pharm Bioallied Sci.* 2020;12(1):1–10. [citado 2025 oct 1].
Disponibile en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7398001/>.

39. Pasachova Garzón J, Ramírez Martínez S, Muñoz Molina L. Staphylococcus aureus: generalidades, mecanismos de patogenicidad y colonización celular [artículo en Internet]. Nova. 2019;17(32):81–91 [citado 2025 Oct 1].
Disponibile en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200025.
40. Sanz López L. Estudio de factores de virulencia en Escherichia coli [trabajo de fin de grado]. Valladolid: Facultad de Medicina, Universidad de Valladolid; 2021.
Disponibile en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48444/TFG-M-N2387.pdf?sequence=1>.
41. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Cándida albicans. INSST. [Internet]. [citado 16 de octubre de 2024].
Disponibile en:
<https://www.insst.es/agentesbiologicosbasebio/hongos/candidaalbicans#:~:text=En%20forma%20de%20levadura%20presenta,produce%20pseudohifas%20e%20hifas%20verdaderas>.
42. Rodríguez Carranza R. Vademécum Académico de Medicamentos [libro en Internet]. 6. ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.; 2013 [citado 2025 Oct 1].
Disponibile en:
<https://es.slideshare.net/slideshow/vademecum-academico-de->

medicamentos-rodolfo-rodriguez-carranza-6ta-ed-
2013pdf/252019224.

43. Amir A, Levin Khalifa M, Dvash T. Nistatina soluble en agua y derivados [artículo de revista]. ACS Med Chem Lett. 2022;13(2):182-187. [citado 16 oct 2024]. doi:10.1021/acsmchemlett.1c00538.
44. Rivera-Toledo E, Jiménez-Delgadillo AU, Manzano-Gayosso P. Antifúngicos poliénicos. Mecanismo de acción y aplicaciones [artículo de revista]. Rev Fac Med (Méx). 2020;63(2):1-10. [citado 2024 Oct 17]. doi: 10.22201/fm.24484865e.2020.63.2.02.
45. Katzung B. Basic and Clinical Pharmacology [libro en Internet]. 15. ed. New York: McGraw Hill Medical; 2020 [citado 2024 Sep 10]. Disponible en: https://pharmacomedicale.org/images/cnpm/CNPM_2016/katzung-pharmacology.pdf.
46. Rivera-Toledo E, Jiménez-Delgadillo AU, Manzano-Gayosso P. Antifúngicos poliénicos. Mecanismo de acción y aplicaciones. [artículo de revista]. Rev Fac Med (Méx). 2020;63(2):1-10. Epub 2021 Mar 5. doi: 10.22201/fm.24484865e.2020.63.2.02.
47. Córdova Flores JC. Efecto antibacteriano del extracto hidroalcohólico de las hojas y tallos de *Jatropha macrantha* Müll. Arg. "huanarpo macho" frente a *Streptococcus pneumoniae* ATCC 49619 [tesis de pregrado]. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2024.

Disponible en:
<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/844f152b-0f49-41cb-9484-14659fd7defd/content>

48. Huayanca Ramírez IY. Actividad antimicótica de saponina de *Chenopodium quinoa* Willd frente a *Candida albicans* ATCC 90028 [tesis de pregrado]. Ayacucho: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; 2021.
Disponible en:
<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/342a6280-bc64-478f-bed2-a511f121e735/content>

49. Liofilchem. Antibiotic Disc: instrucciones de uso y especificaciones técnicas [Internet]. [publicado 20 jul 2023]. [citado 1 oct 2024].
Disponible en:
https://genlabperu.com/wp-content/uploads/2024/01/F01511-18_AntibioticDisc.pdf

50. Shaikh JR, Patil MK. Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: an overview. [artículo de revista]. *Rev Int J Chem Stud*. 2020 Mar;8(2):603–608. doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834.

51. Herrera ML. Pruebas de sensibilidad antimicrobiana: metodología de laboratorio [artículo en Internet]. *Rev méd Hosp Nac Niños (Costa Rica)*. 1999;34(supl 0). [citado 2025 oct 1].
Disponible en:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1017-85461999000100010

52. Fina BL, Lombarte M, Rigalli A. Investigación de un fenómeno natural: ¿estudios in vivo, in vitro o in silico? [artículo en Internet]. Rev Lab Biol Ósea. 2013;9(3):239-240. [citado 2024 oct 3]. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/21655/CONICET_Digital_Nro.25729.pdf
53. Lock Sing de Ugaz O. Investigación fitoquímica: métodos en el estudio de productos naturales [libro en Internet]. 2. ed. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ciencias; 1994 [citado 2025 Oct 1]. Disponible en: <https://repositorio.pucp.edu.pe/items/676110bf-80f4-4336-b3d4-b54e9569f8ed>
54. Orekan J, Barbé B, Oeng S, Ronat JB, Letchford J, Jacobs J, Affolabi D, Hardy L. Medios de cultivo para bacteriología clínica en países de ingresos bajos y medios: desafíos, mejores prácticas para la preparación y recomendaciones para un mejor acceso. Microbiol Clin Infect [artículo de revista]. 2021 Oct;27(10):1400–1408. doi:10.1016/j.cmi.2021.05.016.
55. Sánchez-García E, Castillo-Hernández SL, García-Palencia P. Actividad antimicrobiana. [Capítulo de libro en Internet]. En: Rivas-Morales C, Oranday-Cárdenas MA, Verde-Star MJ, editores. Investigación en plantas de importancia médica. Barcelona, España: OmniaScience; 2016. p. 77–100. [citado el 1 de octubre de 2025]. doi: 10.3926/oms.334.

56. Gutiérrez Romero AL, Arellano Pimentel BE, Gutiérrez Iglesias C, Escalera Zúñiga E, Romero Díaz GA, Saucedo Constantino J, González Moreno JO, Zamudio Durán MdM, Martínez Flores MG, Gandarillas Ortiz de Montellano M, Flores Cabrera Y. Manual de Microbiología General I [libro en Internet]. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza; 2020 [citado 2025 Oct 1]. Disponible en: <https://isergiobernales.edu.pe/biblioteca/farmacia-tecnica/manual-de-microbiologia-general-i.pdf>.
57. Supo J. Metodología de la investigación científica [libro]. 4.^a ed. Lima: Sociedad Hispana de Investigadores Científicos (SINCIE); 2024.
58. Pérez Pacheco M. Actividad antifúngica del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Melissa officinalis* L. “toronjil” frente a *Candida albicans* ATCC 10231, Ayacucho 2019. [Tesis de pregrado]. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2019 [citado 2025 oct 1]. Disponible en: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/285db94b-447d-43f5-9a84-95149a6840ce/content>
59. Rivera Gonzales CA. Actividad antimicótica in vitro del extracto hidroalcohólico de hojas de *Persea americana* (palta) frente a cepas de *Candida albicans*, Tacna 2022 [Tesis de pregrado]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2023

[citado 2025 Oct 1].
Disponibile en:
<https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/765a999c-a31e-48ee-af5b-efe0c7d9ffe1>

60. Shaikh JR, Patil MK. Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: an overview. [Artículo de revista]. Int J Chem Stud. 2020 Mar;8(2):603–608. doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i2i.883.

61. Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; Twenty Fourth Informational Supplement. CLSI document M100 S24. [Documento técnico en Internet]. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2014 [citado 6 de septiembre de 2025].
Disponibile en:
<https://es.slideshare.net/slideshow/clsi2014m100pdf/263865969>

62. Microbiologics, Inc. KWIK STIK™ Plus: instrucciones de uso y ficha técnica [documento técnico en español]. St. Cloud, MN: Microbiologics, Inc.; 11 abr 2022 [citado 1 oct 2025].
Disponibile en:
https://www.microbiologics.com/core/media/media.nl?id=7409266&c=915960&h=gtkFcWT3SAeofRfBjfuBMHP3yN4OXGjS6is08LaK7yvxB7cq&_xt=.pdf

63. Zhang Y, Yang Y, Memon FU, Hao K, Xu B, Wang W, et al. A natural antimicrobial agent: analysis of antibacterial effect and mechanism of compound phenolic acid on *Escherichia coli* based on Tandem

Mass Tag proteomics. *Front Microbiol* [Internet]. 2021 [citado 1 nov 2025];12:738896.

doi: 10.3389/fmicb.2021.738896. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8666975/>

64. Guo Y, Zhang X, Liu H, Chen J, Wang Z. Molecular interactions of simple phenolics with bacterial enzymes. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2023 [citado 1 nov 2025];24(2):1456. doi: 10.3390/ijms24021456. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40902327/>

65. Kakar MU, Hussain R, Faisal M, Rehman H, Saleem S, Shi M, et al. Effect of chlorogenic and gallic acids combined with azoles on antifungal susceptibility and virulence of multidrug-resistant *Candida* spp. *Med Mycol* [Internet]. 2020 [citado 1 nov 2025];58(8):1091–1103. doi: 10.1093/mmy/myaa028. Disponible en:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32236482/>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><u>Problema Principal</u></p> <p>¿Existe efecto antibacteriano y antifúngico del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente vancomicina, nitrofurantoina y nistatina respecto a las cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538), <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) y <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231)?</p> <p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>-¿Cuál será la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente a las cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)?</p> <p>-¿Cuál será la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto frente hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente a las cepas de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)?</p> <p>-¿Cuál será la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Fungicida (CMF) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente a las cepas de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231)?</p>	<p><u>Objetivo general</u></p> <p>Determinar el efecto antibacteriano y antifúngico del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente vancomicina, nitrofurantoina y nistatina respecto a las cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538), <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922) y <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <p>-Determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente a las cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538).</p> <p>-Establecer la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) del extracto frente hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente a las cepas de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).</p> <p>-Identificar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Fungicida (CMF) del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> frente a las cepas de <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).</p>	<p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).</p> <p><u>Variable Dependiente</u></p> <p>Efecto Antibacteriano:</p> <p>-Efecto bacteriostático sobre <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538) y <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).</p> <p>-Efecto bactericida sobre <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538) y <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).</p> <p>Efecto Antifúngico:</p> <p>-Efecto fungistático sobre <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).</p> <p>-Efecto fungicida sobre <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231).</p>	<p><u>Diseño de Investigación</u></p> <p>El diseño de la investigación es experimental completamente aleatorizado,</p> <p><u>Nivel de Investigación</u></p> <p>El nivel de estudio es correlacional.</p> <p><u>Tipo de Investigación</u></p> <p>El tipo de investigación es experimental, prospectivo, cuantitativo y transversal.</p> <p><u>Población</u></p> <p>Hojas de <i>Persea americana</i> var. Fuerte.</p> <p><u>Muestra</u></p> <p>Las hojas de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) fueron recogidas en el lateral suroeste, en el número 17° 11' 36.3" S, 70° 57' 34.1" O.</p>

<p>-¿El extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> supera la actividad antibacteriana y antifúngica de los antimicrobianos de referencia frente a las cepas <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538), <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) y de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)?</p> <p>-¿Cuáles son los metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>)?</p>	<p>-Comparar la actividad antibacteriana y antifúngica del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>) <i>in vitro</i> y los antimicrobianos de referencia frente a a las cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538), <i>Candida albicans</i> (ATCC 10231) y de <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922).</p> <p>-Determinar los metabolitos secundarios presentes en el extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (<i>Persea americana</i>).</p>		<p><u>Instrumento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha de Observación • Hoja de Registro <p><u>Estadística</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Estadística: Descriptiva • Análisis y frecuencia: tablas y gráficos • Prueba de normalidad: Análisis de Shapiro-Wilk • Estadística inferencial: ANOVA e índice de correlación de Pearson.
---	--	--	---

Anexo 2. Constancia de reconocimiento de la especie *Persea americana*.

CONSTANCIA DE IDENTIFICACION TAXONOMICA

Yo Dr. Pablo Juan Franco León Docente de la Facultad de Ciencias, de la Cátedra de Botánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, dejo constancia que:

La muestra alcanzada al laboratorio de Botánica por Bach. **Káterin del Rosario Flores León**, identificado con DNI N° 76186386; de la Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, cuya determinación taxonómica servirá para la realización del proyecto de Tesis: "Comparación del efecto antibacteriano y antifúngico del extracto hidroalcohólico de hojas de palta Fuerte (*Persea americana*) in vitro frente a Vancomicina , Nitrofurantoina y Nistatina respecto a las cepas de *Staphylococcus aureus* (ATCC 6835), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Candida albicans* (ATCC 10231)" ha sido estudiada y clasificada como: *Persea americana* y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

DIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA

CLASE MAGNOLIOPSIDA

ORDEN LAURALES

FAMILIA LAURACEAE

GÉNERO *Persea*

ESPECIE *Persea americana*

Nombre vulgar: palto

Se expide la presente Constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que hubiera lugar.

Tacna, 15 de julio del 2025



Blgo. Pablo Juan Franco León
C.B.P. 2097

Anexo 3. Recolección y secado de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*)



a) Ubicación del árbol de palta.



b) Secado de hojas de palta Fuerte (*Persea americana*).

Anexo 4. Trituración y preparado de extracto de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*)



a) Molienda de hojas de palta Fuerte con ayuda de molino manual de marca Corona.



b) Adición de hojas de palta Fuerte en molino manual de marca Corona.



c) Molienda obtenida de las hojas de palta Fuerte.



d) Selección de polvo obtenido para el proceso de maceración.



e) Colocación de polvo triturado en frasco ámbar.



f) Agregación de alcohol etílico en el frasco ámbar.



g) Adición de papel de aluminio sobre el frasco ámbar.

Anexo 5. Preparación de materiales y medios de cultivo en placas, en tubos de ensayo y viales.



a) Preparación de viales.



b) Preparación de medio de Agar.



c) Preparación de materiales de laboratorio.



d) Preparación papel filtro.



e) Preparación de las placas Petri con papel Kraft.



f) Preparación de las placas Petri con el medio de cultivo.

Anexo 6. Preparación de discos y filtración de extracto hidroalcohólico



a) Discos de antibióticos.



b) Proceso de desnaturalización de discos.



c) Proceso de filtrado en probetas.

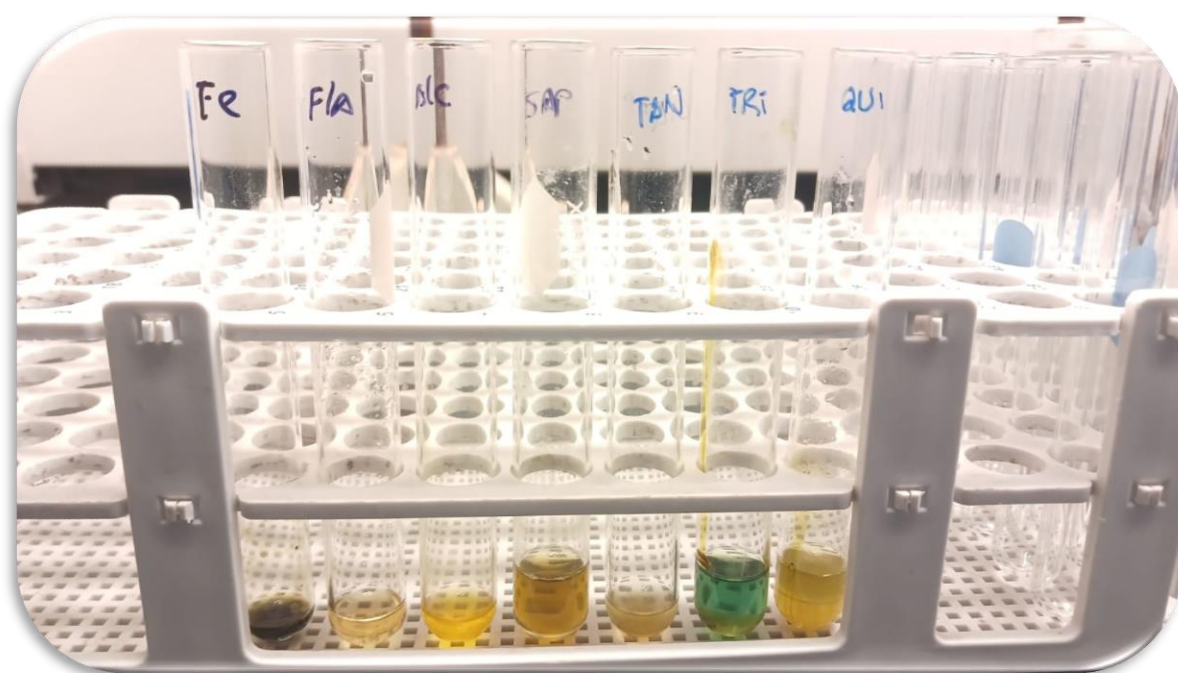


d) Papel filtro desechado luego del filtrado del extracto.



e) Extracto hidroalcohólico resultante luego de la filtración.

Anexo 7. Resultados del análisis fitoquímico del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte (*Persea americana*).

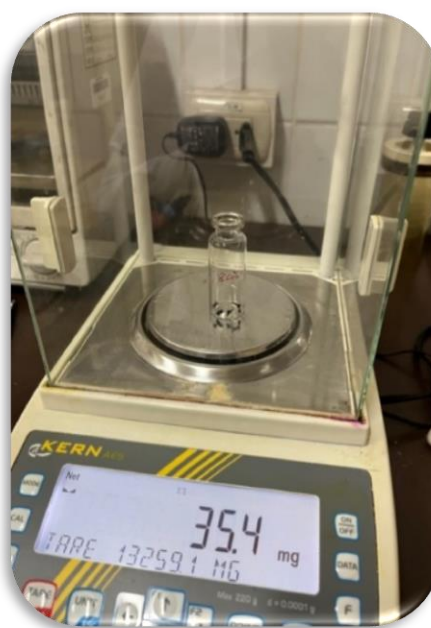


a) Reacción de goteo del extracto hidroalcohólico de las hojas de palta Fuerte.

Anexo 8. Preparación de las concentraciones del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte (*Persea americana*).



a) Pesaje de la placa Petri.



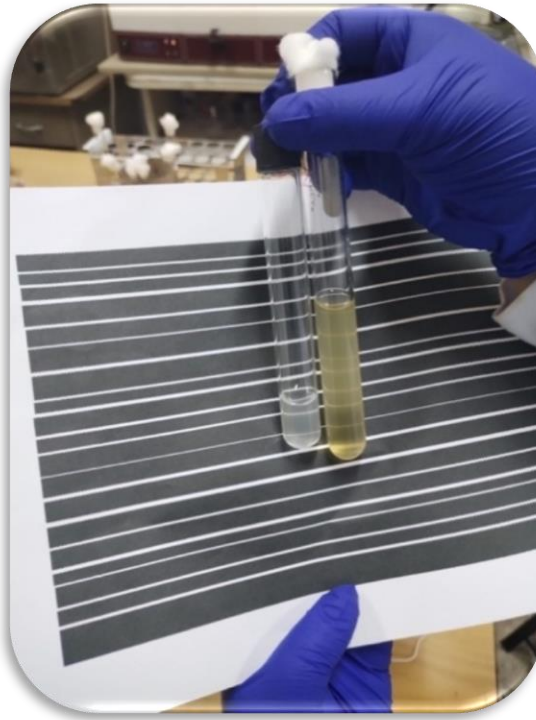
b) Pesaje de viales para cálculo de porcentaje.



c) Vórtex para agitación de viales con extracto.



d) Adición del extracto con ayuda de micropipeta en discos previamente desnaturalizados.



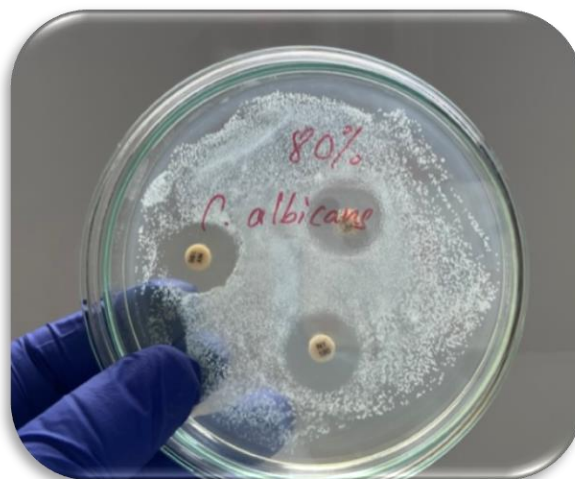
e) Escala de MacFarland

Anexo 9. Realización de método de Kirby-Bauer de *Candida albicans*



a) Placa Petri con halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 100 % frente a *Candida albicans*.

b) Placa Petri con halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 80 % frente a *Candida albicans*.





c) Placa Petri sin presencia de halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 60 % frente a *Candida albicans*

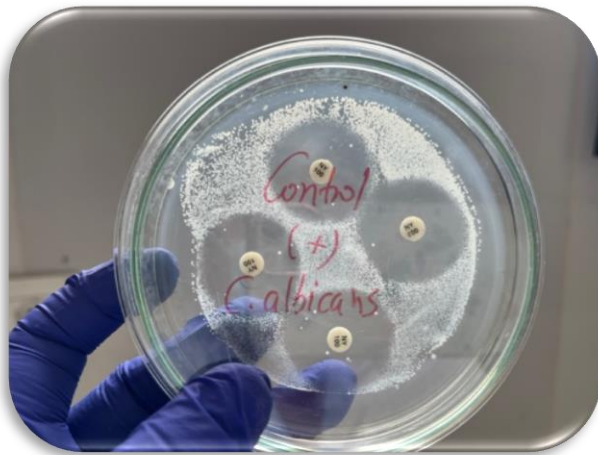
d) Placa Petri sin presencia de halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 40 % frente a *Candida albicans*



e) Placa Petri sin presencia de halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 20 % frente a *Candida albicans*



f) Medición de halos de inhibición con vernier digital.

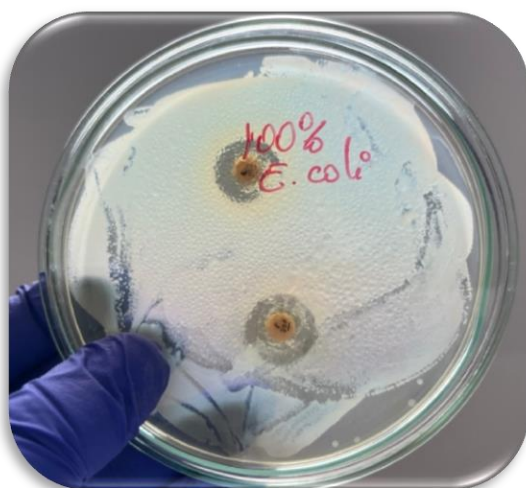


g) Control positivo del disco de antibiótico de Nistatina frente a *Candida albicans*.

h) Control negativo de discos desnaturalizados frente a *Candida albicans*.

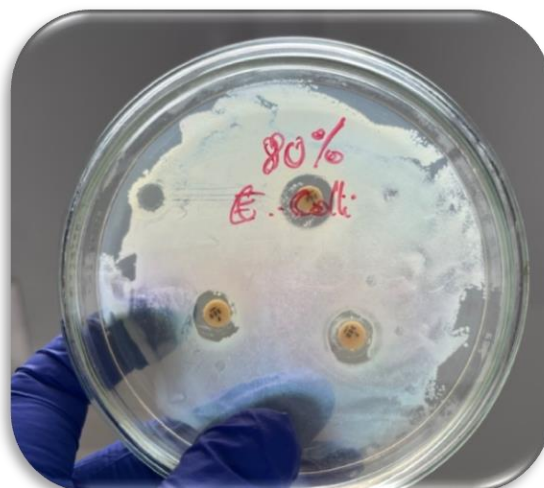


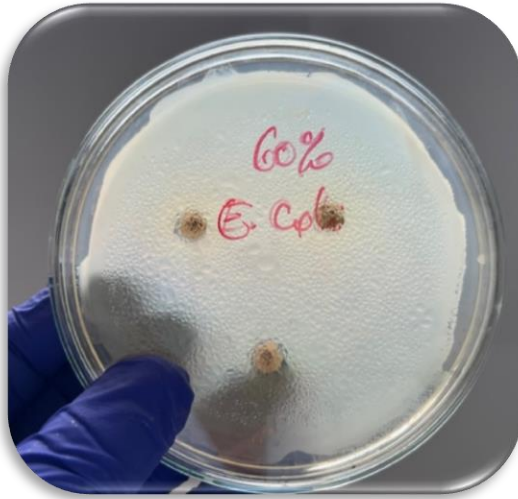
Anexo 10. Realización de método de Kirby-Bauer de *Escherichia coli*.



a) Placa Petri con halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 100 % frente a *Escherichia coli*.

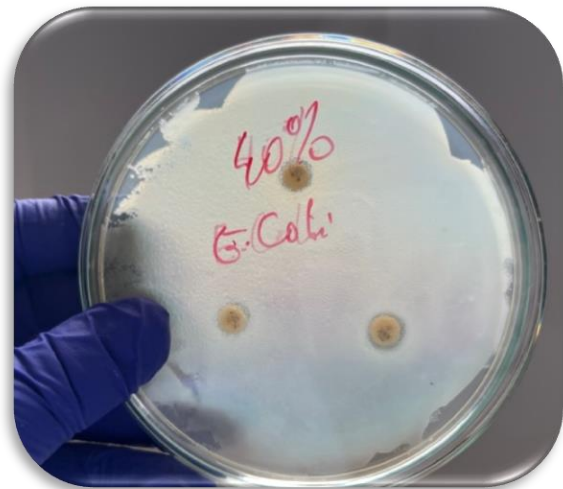
b) Placa Petri con halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 80 % frente a *Escherichia coli*.

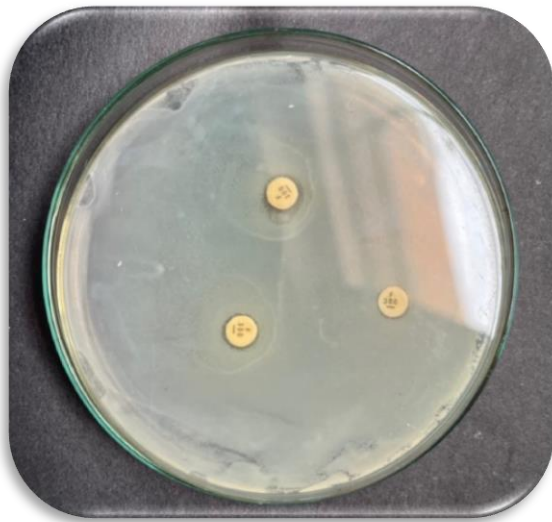




c) Placa Petri con halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 60 % frente a *Escherichia coli*.

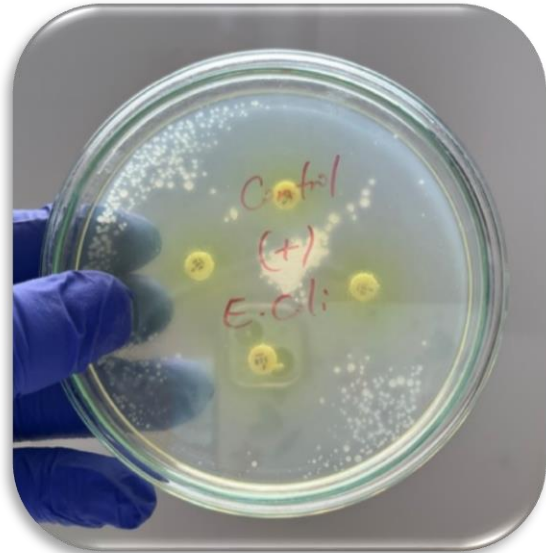
d) Placa Petri sin halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 40 % frente a *Escherichia coli*.





e) Placa Petri sin halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 40 % frente a *Escherichia coli*.

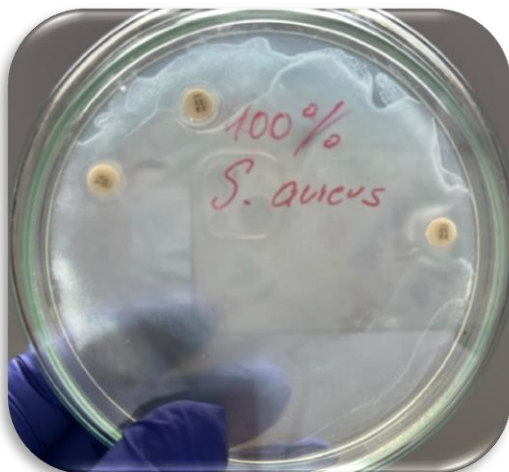
e)Control positivo del disco de antibiótico de Nitrofurantoina frente a *Escherichia coli*.





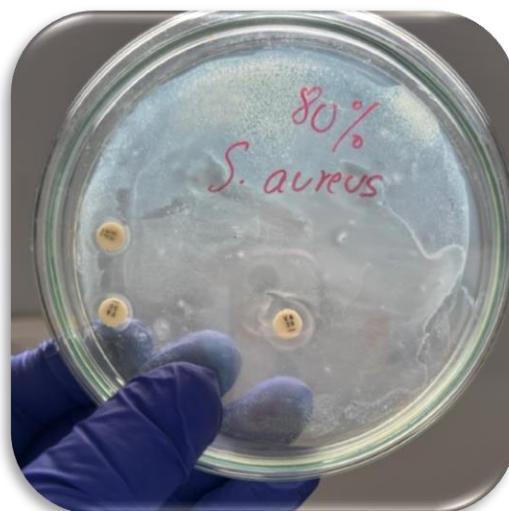
f) Control negativo de discos desnaturalizados frente a *Escherichia coli*.

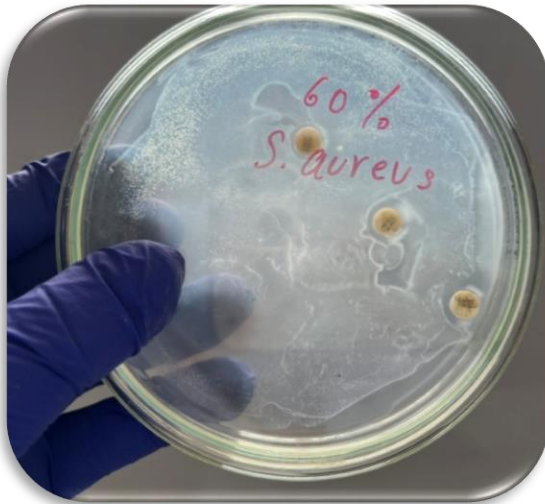
Anexo 11. Realización de método de Kirby-Bauer de *Staphylococcus aureus*.



a) Placa Petri sin halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 100 % frente a *Staphylococcus aureus*.

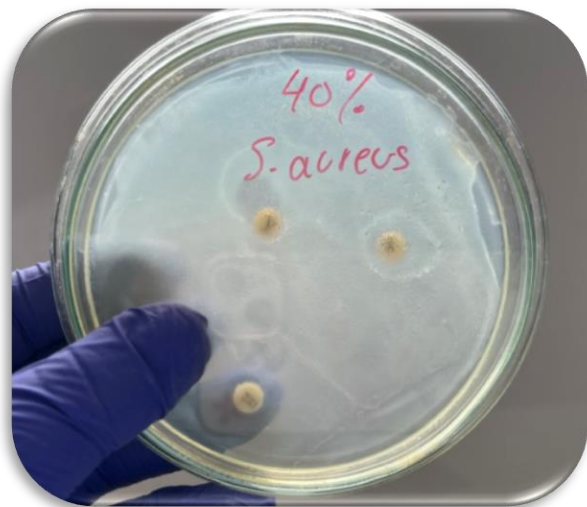
b) Placa Petri sin halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 80 % frente a *Staphylococcus aureus*.





c) Placa Petri sin halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 60 % frente a *Staphylococcus aureus*.

d) Placa Petri sin halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 40 % frente a *Staphylococcus aureus*.

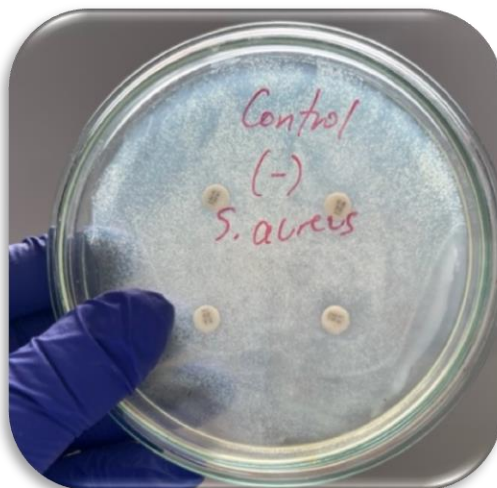




e) Placa Petri sin halos de inhibición obtenidos de discos de extracto hidroalcohólico del 20 % frente a *Staphylococcus aureus*.

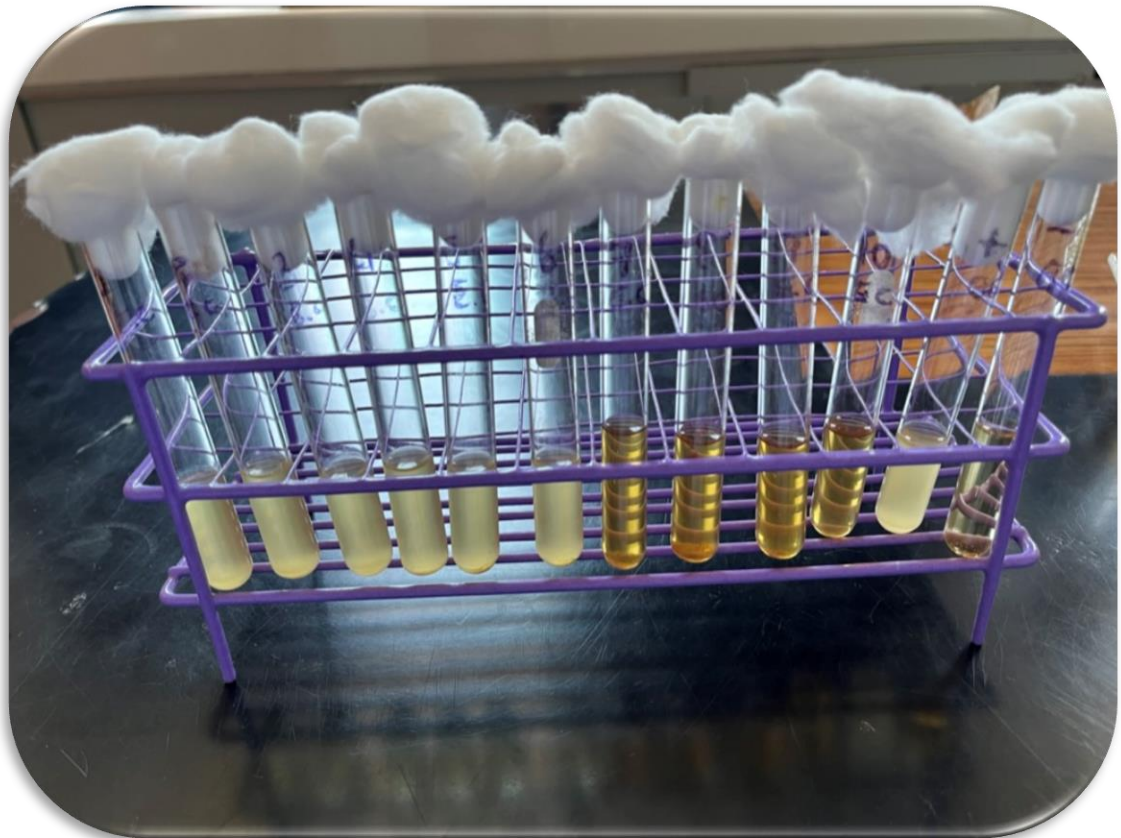


f) Control positivo de discos de antibiótico de Vancomicina frente a *Staphylococcus aureus*.

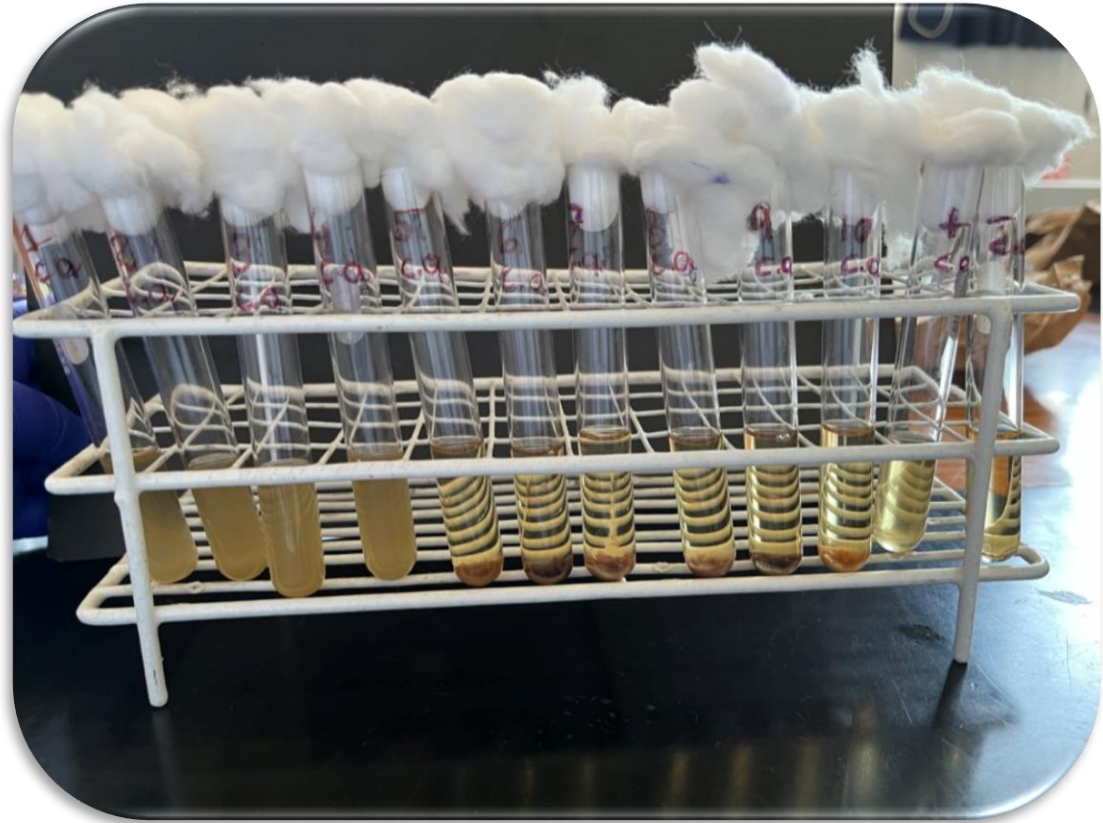


g) Control negativo de discos esterilizados frente a *Staphylococcus aureus*.

Anexo 12. Realización de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI).



a) Concentración Mínima Inhibitoria del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte frente a *Escherichia coli*.



b) Concentración Mínima Inhibitoria del extracto hidroalcohólico de la hoja de palta Fuerte frente a *Candida albicans*.

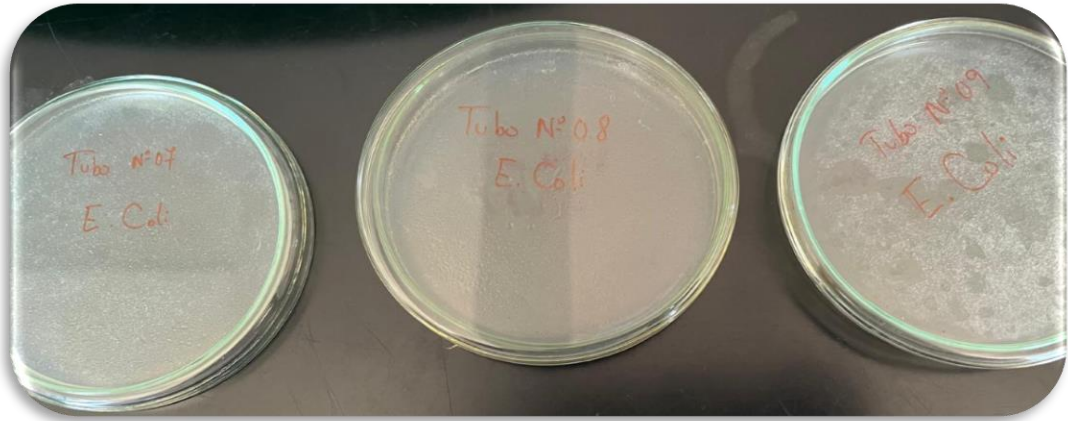
Anexo 13. Realización de Concentración Mínima Bactericida (CMB) y Concentración Mínima Fungicida (CMF).



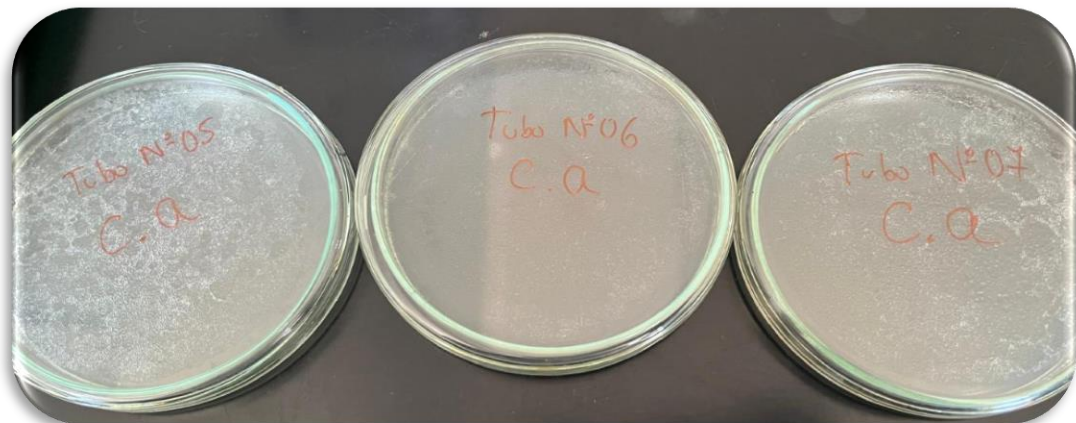
a) Selección de los 3 primeros tubos de CMI a placa Petri con ayuda de micropipetas.



b) Sembrado con asa de Drigalski en placa Petri.



c) Resultado obtenido de la Concentración Mínima Bactericida (CMB) de *Escherichia coli* de los tubos N°7,8 y 9.



d) Resultado obtenido de la Concentración Mínima Fungicida (CMF) de *Candida albicans* de los tubos N°5,6 y 7.