



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD



AT 2025-FFBB-104

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título de **Informe final de tesis** es:

Actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. (Geranio) frente a cepas patógenas: estudio en el CICA- Ica 2025.

Presentado por:

FLORES QUENTA KAROL VANESSA


Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **FARMACIA Y BIOQUÍMICA**. El resultado obtenido es 6% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Con Código de Matricula: 20171078

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 29 de octubre de 2025


.....
Dr. PEÑA GALINDO JULIO JOSE
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION

Facultad de Farmacia y Bioquímica



Actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. (Geranio) frente a cepas patógenas: estudio en el CICA- Ica 2025.

Línea de Investigación

Salud Pública y Conservación del Medio Ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

AUTORA

BACH. FLORES QUENTA KAROL VANESSA

Ica - Perú

2025

DEDICATORIA

A Dios por
Permitirme un día más de vida, guiarme,
acompañarme en cada paso que doy y ser la
luz que alumbra mi camino.

A mis padres por ser mis apoyos, mis guías,
me enseñaron a ser perseverante a no
rendirme cuando algo se pone difícil y por
no perder la fe en mí. Sin ellos no sería nada.

A mis hermanos por sus constantes palabras
de apoyo, por ayudarme a seguir avanzando.

A cada persona que formó parte de esta tesis,
les agradezco de todo corazón. Fueron ángeles
enviados por Dios.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi asesor Dr. Jaime David Torres Lévano y a mi coasesor el Blgo. Luis Antonio Cartagena Sigas por sus valiosas orientaciones, paciencias y apoyos durante el desarrollo de este trabajo. Sus comentarios, sugerencias y constante acompañamiento fueron fundamentales para dar forma y profundidad a esta investigación. Su experiencia y generosidad intelectual han sido una guía constante en este camino.

Agradecer a la Facultad de Farmacia y Bioquímica, por brindarme una formación académica sólida y un entorno propicio para el crecimiento personal y profesional. A todos los docentes que formaron parte de mi proceso de aprendizaje, gracias por su dedicación, exigencia y compromiso con la enseñanza. Cada una de sus clases ha dejado una huella significativa en mi formación.

A la Dra. Jessica Yolanda Huarcaya Rojas, por su valioso acompañamiento durante el desarrollo de esta tesis. Su orientación académica, dedicación y constante apoyo fueron fundamentales en cada etapa del proceso.

Gracias por brindarme su tiempo, por compartir su conocimiento con generosidad y por motivarme a superar los desafíos con confianza y perseverancia. Su guía ha dejado una huella profunda en mi formación y en este trabajo.

Por todo ello, mis más sinceros agradecimientos a todos ustedes.

ÍNDICE

Portada	
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	25
III. RESULTADOS	36
IV. DISCUSIÓN	52
V. CONCLUSIONES	54
VI. RECOMENDACIONES	55
VII. FUENTES DE INFORMACION.....	56
VIII. ANEXOS	62

Índice de tablas

Tabla 1. Tamizaje fitoquímico de los extractos de <i>Pelargonium zonale L.</i> hojas y flores	36
Tabla 2. Promedio y desviación estándar del halo de inhibición (mm) generado por el extracto etanólico de hojas de <i>Pelargonium zonale L.</i> frente a cepas patógenas.....	37
Tabla 3. Promedio y desviación estándar del halo de inhibición (mm) generado por el extracto etanólico de flores de <i>Pelargonium zonale L.</i> frente a cepas patógenas, en diferentes concentraciones. Ensayo por difusión en agar (n = 3).....	38
Tabla 4. Comparación de halos de inhibición generados por los extractos de hojas y flores de <i>Pelargonium zonale L.</i> mediante la prueba de Kruskal-Wallis (concentración 100 %)	44
Tabla 5. Comparación entre extracto de hojas y antibiótico.	45
Tabla 6. Comparación entre extracto de flores y antibiótico.	46
Tabla 7. Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los halos de inhibición generados por los extractos de hojas, flores y antibiótico de <i>Pelargonium zonale L.</i> frente a cepas patógenas.	48
Tabla 8. Resultados de la prueba de Mann-Whitney U aplicada a las medianas de los halos de inhibición del extracto de <i>Pelargonium zonale L.</i> frente al antibiótico estándar.	49
Tabla 9. Concentración mínima inhibitoria (MIC)	50

Índice de figuras

Figura 1. <i>Pelargonium zonale</i> L.....	18
Figura 2. Recolección en el caserío Pachacutec – Chincha Baja.....	30
Figura 3. TRATAMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL.....	31
Figura 4. Fórmula PIR.....	35
Figura 5. Actividad antibacteriana frente a <i>Escherichia coli</i>	39
Figura 6. Actividad antibacteriana frente a <i>Salmonella tiphy</i>	40
Figura 7. Actividad antibacteriana frente a <i>Klebsiella pneumoniae</i>	41
Figura 8. Actividad antibacteriana frente a <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	42
Figura 9. Actividad antibacteriana frente a <i>Staphylococcus aureus</i>	43
Figura 10. Cuadro de porcentaje de inhibición.....	46
Figura 11. Comparación de los halos de inhibición frente a 5 cepas.....	47
Figura 12. Comparación final de la concentración mínima inhibitoria (MIC).....	51
Figuras 13. Recolección del material vegetal: Hojas y Flores de Geranio.....	66
Figura 14. Selección del material vegetal: Hojas y Flores de Geranio.....	66
Figuras 15. Secado del material vegetal: Hojas y Flores de Geranio.....	66
Figura 16. Molienda del material vegetal: Hojas y Flores de Geranio.....	67
Figuras 17. Pesado del material vegetal: Hojas y Flores de Geranio.....	67
Figuras 18. Macerado del material vegetal: Hojas y Flores de Geranio.....	67
Figura 19. Filtración del macerado: Hojas y Flores de Geranio.....	68
Figura 20. Flavonoides: Ensayo Shinoda.....	68
Figura 21. Taninos: Ensayo cloruro férrico.....	68
Figura 22. Alcaloide: Ensayo Dragendorff, Mayer y Wagner.....	69
Figura 23. Triterpenos: Ensayo Lieberman – Buchard.....	69
Figura 24. Quinonas: Ensayo - Borntrager.....	69
Figura 25. Saponina: Ensayo de espuma.....	69
Figura 26. Extracción del alcohol a equipo rota vapor: Hojas y Flores de Geranio.....	70
Figura 27. Secado del extracto a baño María: Hojas y Flores de Geranio.....	70
Figura 28. Extracto seco: Hojas y Flores de Geranio.....	71
Figuras 29. PREPARACION DE LAS MUESTRA PARA EL MÉTODO DE	

DIFUSIÓN Y DILUCIÓN	71
Figuras 30. MÉTODO DE DIFUSION: POR EXCAVACIÓN DE POZOS.	72
Figuras 31. Resultados: Medición de los halos de hojas, flores y antibiótico	73
Figuras 32. MÉTODO DE DILUCIÓN	75

RESUMEN

El presente estudio tuvo como **objetivo**: Evaluar la actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* (Geranio) frente a diversas cepas patógenas: estudio en el CICA-Ica 2025. **Metodología**: Se realizó mediante el método de difusión por excavación en agar y por el método de dilución. **Resultados**: Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar los halos de inhibición generados por los extractos etanólicos de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* frente a cepas patógenas, utilizando la concentración al 100 %. Indicando que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los extractos de hojas y flores en *Klebsiella pneumoniae* ($p = 0.0463$) y *Staphylococcus aureus* ($p = 0.0431$), donde los extractos de hojas mostraron mayores halos de inhibición. En la comparación del extracto de *Pelargonium zonale L.* y el antibiótico mediante la prueba de Mann-Whitney U, indican que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los halos de inhibición generados por el extracto etanólico (hojas y flores) y el antibiótico estándar (cloranfenicol) en ninguna de las cepas analizadas ($p > 0.05$). En la MIC, se observa que el extracto de hojas resultó ser más eficaz frente a *Pseudomonas aeruginosa* (3.125%), así como el extracto de flores resultó ser más eficaz frente a *Staphylococcus aureus* (3.125%). **Conclusión**: El extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium Zonale L.*, si presenta actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Palabras claves: Cepas patógenas, eficaz, actividad, halos.

ABSTRACT

The present study aimed to: Evaluate the antibacterial activity of the ethanolic extract of leaves and flowers of *Pelargonium zonale* L. (Geranium) against various pathogenic strains: study at CICA-Ica 2025. Methodology: It was carried out using the agar excavation diffusion method and the dilution method. Results: The non-parametric Kruskal-Wallis test was applied to compare the inhibition halos generated by the ethanolic extracts of leaves and flowers of *Pelargonium zonale* L. against pathogenic strains, using 100% concentration. Indicating that there were statistically significant differences between the leaf and flower extracts in *Klebsiella pneumoniae* ($p = 0.0463$) and *Staphylococcus aureus* ($p = 0.0431$), where the leaf extracts showed greater inhibition halos. In the comparison of the extract of *Pelargonium zonale* L. and the antibiotic using the Mann-Whitney U test, they indicate that no statistically significant differences were found between the medians of the inhibition halos generated by the ethanolic extract (leaves and flowers) and the standard antibiotic (chloramphenicol) in any of the strains analyzed ($p > 0.05$). In the MIC, it is observed that the leaf extract was more effective against *Pseudomonas aeruginosa* (3.125%), as well as the flower extract was more effective against *Staphylococcus aureus* (3.125%). Conclusion: The ethanolic extract of leaves and flowers of *Pelargonium Zonale* L., does present antibacterial activity against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Keywords: *pathogenic strains, effective, activity, halos.*

I. INTRODUCCIÓN

La resistencia antimicrobiana se ha convertido en una de las amenazas más urgentes para la salud pública a nivel mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la resistencia a los antibióticos ocasiona más de 1.27 millones de muertes cada año y complica gravemente el tratamiento de infecciones comunes, afectando tanto a países desarrollados como a los países en vías de desarrollo. La Organización Panamericana de la Salud (OPS), señala que este problema afecta procedimientos médicos críticos como cirugías, quimioterapia y cuidados intensivos, aumentando la morbilidad y mortalidad asociadas a infecciones comunes. Esta problemática surge, en gran parte, por el uso indiscriminado y prolongado de antibióticos, lo que ha favorecido la selección de cepas bacterianas multirresistentes, haciendo cada vez más limitada la eficacia de los tratamientos convencionales. Como consecuencia, enfermedades que anteriormente eran tratables se han vuelto potencialmente mortales, lo que representa un desafío crítico para la farmacología moderna, al acelerar la búsqueda de nuevas estrategias terapéuticas que logren contrarrestar esta crisis. (1)

En Perú, el Ministerio de Salud (MINSA) ha desarrollado estrategias multisectoriales, como el Plan Nacional para enfrentar la Resistencia a los Antimicrobianos 2019–2021, alineado al enfoque de “Una Salud”, con el fin de articular acciones entre los sectores humano, animal y ambiental. Este plan prioriza la vigilancia epidemiológica, el uso racional de antibióticos y el fortalecimiento de las capacidades diagnósticas mediante laboratorios especializados. (2) Investigaciones recientes realizadas por el Instituto Nacional de Salud del Perú han identificado cepas multirresistentes de *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, algunas portadoras de genes como *mcr-1*, asociados a resistencia frente a colistina, antibiótico de última línea. Además, hallazgos recientes en la literatura científica internacional respaldan la urgencia de una respuesta global coordinada. Por ejemplo, un estudio publicado en Nature Communications documenta la diseminación del gen *npmA2*, el cual confiere resistencia total a los aminoglucósidos. Este gen ha sido identificado en bacterias de relevancia clínica como *Clostridioides difficile* y *Enterococcus faecium*, tanto en humanos como en animales, evidenciando su transmisión por elementos genéticos móviles altamente eficientes. (3)

En este contexto, las plantas medicinales han emergido como una alternativa prometedora frente a la resistencia antimicrobiana. Desde tiempos ancestrales, diversas culturas han utilizado compuestos vegetales con fines terapéuticos, y actualmente, la ciencia ha

demostrado que muchas de estas especies contienen metabolitos secundarios como los flavonoides, taninos, terpenoides y alcaloides que poseen actividades antimicrobianas significativas. Esta riqueza fitoquímica convierte a las plantas en una fuente valiosa de compuestos bioactivos que pueden ser estudiados y aplicados en el desarrollo de nuevos fármacos de origen natural, más seguros y menos propensos a generar resistencia bacteriana. (4)

Entre estas especies vegetales destaca *Pelargonium zonale* L. (Geranio), comúnmente conocida como geranio. Esta planta ornamental, perteneciente a la familia Geraniaceae, ha captado el interés de la comunidad científica no solo por su valor estético, sino también por su potencial farmacológico. Estudios recientes han documentado que *Pelargonium zonale* L. posee propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antioxidantes y cicatrizantes. Estas cualidades se atribuyen a la presencia de aceites esenciales y compuestos fenólicos que actúan inhibiendo el crecimiento de diversas cepas patógenas. Sin embargo, a pesar de su amplio uso en la medicina tradicional, aún es escasa la evidencia científica que respalde de manera concluyente su eficacia antibacteriana, especialmente frente a bacterias de importancia clínica como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*. (5)

El presente estudio busca aportar al conocimiento científico mediante la evaluación de la actividad antibacteriana del extracto etanólico de las hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a cepas bacterianas patógenas seleccionadas. Esta investigación cobra especial relevancia no solo por su posible contribución al desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas, sino también por su impacto en la salud pública, al ofrecer una opción natural, accesible y potencialmente efectiva para combatir infecciones bacterianas, especialmente en regiones con recursos limitados. Así, el estudio de especies vegetales como *P. zonale* L. no solo amplía el panorama de la fitoterapia moderna, sino que representa una valiosa herramienta en la lucha contra la resistencia antimicrobiana, beneficiando tanto al ámbito científico como a la sociedad en general.

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

1.1.1. Antecedentes Internacionales

Celi et al. (6) en el año 2024, Quito-Ecuador, se realizó un estudio con el objetivo de determinar los metabolitos secundarios de las tres especies de *Pelargonium* con actividad contra bacterias grampositivas con resistencia a múltiples fármacos. Se utilizó la metodología a través del análisis de los extractos hidroalcohólicos de *P. graveolens*, *P. odoratissimum* y *P. zonale*, mediante HPLC-DAD-MS/MS, donde se identificaron derivados de quercetina y kaempferol en estas tres especies. Los resultados fueron que la evaluación de sus actividades biológicas reveló que *P. zonale* mostró actividades antibacterianas y antibiofilm superiores en comparación con las otras dos especies. Se observó la eficacia antibacteriana de *P. zonale* frente a las cepas clínicamente relevantes de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM) 333, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 y *E. faecalis* resistente a la vancomicina INSPI 032. Concluyendo así que las tres especies de *Pelargonium* mostraron una notable actividad antioxidante, posiblemente atribuible a su alto contenido de compuestos fenólicos totales.

Pedraza PR. (7), en el año 2022, Bogotá-Colombia, se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la eficacia antimicrobiana de extractos de *Pelargonium graveolens* contra cinco microorganismos patógenos. Utilizando el método de placas y pozos, se analizaron seis extractos en tres concentraciones diferentes. Los resultados mostraron una actividad antimicrobiana significativa en todos los extractos. Concluyendo que el aceite es el más efectivo contra *E. coli*, *S. aureus* y *C. albicans*, y el acetonitrilo contra *P. aeruginosa* y *B. subtilis*.

Pombo et al. (8), en el año 2016, Bogotá -Colombia, Realizo un estudio cuyo objetivo fue determinar la composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Pelargonium odoratissimum* L. Su metodología es descriptiva y experimental. Sus resultados fueron que el aceite esencial de hojas y flores de *P. odoratissimum* tuvo un rendimiento del 0,3 % (m/v). Se identificaron monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos oxigenados, incluyendo ésteres y ácidos, que representan aproximadamente el 74% de la composición total del aceite. Como conclusión se dio el aceite esencial demostró actividad contra todas las cepas microbianas evaluadas, con una mayor eficacia frente a *Staphylococcus mirabilis*, *Aspergillus brasiliensis* y *Candida albicans*, con una CMI menor a 3,9 µg/mL.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Camino X. (9) en el año 2021, Trujillo-Perú, se realizó una investigación con el objetivo de determinar el efecto antibacteriano in vitro de extracto etanólico del *Pelargonium peltatum* (L.). Frente al *Enterococcus faecalis* ATCC 29212TM. Su metodología se basó en realizar 5 concentraciones 5%, 25%, 50%, 75% y 100%. Realizando un control negativo (alcohol 70°) y un grupo control positivo conformado (ampicilina, vancomicina y gentamicina + vancomicina). Los resultados arrojaron que los promedios de UFC fueron de 1.40 para la de concentración de 5% para la de 25% = 1.00, la de 50% = 0.40, la de 75% = 0.30 y la de 100% = 0.00. Concluyendo así que el extracto mostró efecto antibacteriano in vitro frente al *Enterococcus faecalis* ATCC 29212TM.

Tomas Vergara GJ. (10) en el año 2019, Chimbote-Perú, se realizó una investigación con el objetivo de determinar el efecto antiinflamatorio del gel elaborado a base de extracto Etanólico de flores de *Pelargonium zonale* (geranio rojo) en *Rattus rattus albinus*. La metodología fue obtener flores, secarlas, pulverizarlas para luego hacer una extracción forzosa de metabolitos atreves de reflujo por 3 horas con alcohol de 80° sobrenadante en la muestra, agregando al gel base. Se obtuvieron como resultados que el gel al 1% elaborada a base del extracto Etanólico de flores de *Peleargonium zonale* disminuye a un 90.5% su mejor tiempo a la 5 hora. La inflamación en relación con el medicamento patrón, demostrando así su eficacia. Se concluyo que el gel al 1% elaborada a base de flores de *Peleargonium zonale* posee efecto antiinflamatorio.

Zuta Arriola. (11) en el año 2019, Callao-Perú, realizó una investigación con el objetivo de realizar una evaluación sobre la actividad antioxidante, antibacteriana y moduladora del extracto alcohólico de las hojas de *Pelargonium hortorum* (Geranio) frente a *S. aureus* resistente a múltiples antibióticos. Se utilizó una metodología experimental de control aleatorizado con tres réplicas: manipulación, observación y medición. Los resultados mostraron que el extracto alcohólico de las hojas de *P. hortorum* inhibió el crecimiento de *Staphylococcus aureus* con resistencia múltiple, logrando diámetros de inhibición superiores a 20 mm y una concentración mínima inhibitoria (MIC) de 250 µg/mL. Además, se observó una acción sinérgica del

extracto con la gentamicina y la ciprofloxacina frente a cepas de *S. aureus* resistente y ATCC 25923. En conclusión, las hojas de *Pelargonium hortorum* (geranio) demostraron una adecuada actividad antibacteriana contra cepas de *S. aureus* resistentes a antibióticos y moduladoras de la actividad de ciprofloxacina y gentamicina.

García Llajaruna (12) en el año 2015, Trujillo-Perú, se llevó a cabo una investigación con el objetivo de evaluar el efecto antibacteriano in vitro del a. esencial de *P. hortorum* sobre las cepas de *P. aeruginosa* ATCC 27853 y *S. aureus* ATCC 25923. La metodología utilizada fue prospectiva, longitudinal, comparativa y experimental. Los resultados mostraron que, en 16 repeticiones, tanto al 50% como al 75% de concentración, el aceite esencial tuvo un mayor efecto antibacteriano sobre las cepas de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. Se concluye que el AE tiene actividad antibacteriana in vitro frente a las cepas mencionadas.

Belsuzarri Victorio CD y Valderrama Castillo DW (13), en el año 2015, Huánuco – Perú, Se realizó una investigación para analizar la actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de *P. hortorum* L H Bailey a distintas concentraciones en cepas de *Phorphyromonas gingivalis* ATCC 33277 y comparar con el gluconato de Clorhexidina al 0,12%. Su metodología fue por el método de difusión de pozos, empleando 25 cultivos de cepas de *Phorphyromonas gingivalis* ATCC 33277. Los resultados mostraron que tanto fue la inhibición del extracto etanólico de *Pelargonium hortorum* L H Bailey y de gluconato de Clorhexidina al 0,12%. Concluyendo extracto etanólico a 50 mg/ml presento mayor actividad antibacteriana sobre las cepas *Phorphyromonas gingivalis* ATCC 33277 que el gluconato de Clorhexidina al 0,12%.

Guerrero et al. (14), en el año 2013, Trujillo – Perú, se realizó un estudio comparativo de la actividad antibacteriana in vitro del extracto acuoso obtenido de las hojas de *Pelargonium peltatum* (L.) (Geranio hiedra) sobre *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* y *Streptococcus mitis*, frente a la clorhexidina. Su metodología empleo el método por difusión en agar. El análisis fitoquímico inicial se llevó a cabo utilizando el ensayo en gota. Los datos resultantes se analizaron estadísticamente

mediante métodos como los estimadores de media y dispersión, el análisis de varianza de un solo factor y la prueba de Tukey. Los resultados indicaron que la mayor actividad antibacteriana se observó en la concentración de 400 mg/mL y la menor en la de 25 mg/mL del extracto acuoso, al evaluar las tres especies de *Streptococcus*, en comparación con la clorhexidina. Concluyendo así que el extracto acuoso de *Pelargonium peltatum* (L.) L'Hér (*geranio hiedra*) si presenta actividad frente a estas tres bacterias.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es la actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonales L.* (Geranio) frente a diferentes cepas patógenas: estudio en el CICA- Ica 2025?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Qué diferencia existen en la actividad antibacteriana entre los extractos etanólicos de las hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* (Geranio) frente a cepas patógenas específicas?
- ¿Cómo se compara la eficacia del extracto etanólico de hojas y flores *Pelargonium zonale L.* (Geranio) con antibiótico estándar en el tratamiento de las cepas patógenas seleccionadas?
- ¿Cuál es la concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de hojas y flores *Pelargonium zonale L.* (Geranio) necesaria para inhibir el crecimiento de cada una de las cepas patógenas estudiada?

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La justificación científica del estudio sobre la actividad antibacteriana del extracto etanólico de las hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* (Geranio), se basa en la creciente necesidad de alternativas naturales frente a la resistencia bacteriana y en el potencial terapéutico de esta planta.

La resistencia a los antibióticos es un problema de salud global que ha llevado a un aumento en la búsqueda de nuevos agentes antimicrobianos. Los patógenos resistentes, como *Staphylococcus aureus* y diversas especies de *Streptococcus*, han demostrado ser difíciles de tratar con los antibióticos convencionales. En este contexto, el uso de extractos vegetales, como los obtenidos de *Pelargonium zonale L.* (Geranio), se presenta como una estrategia prometedora para el desarrollo de nuevos tratamientos antimicrobianos que puedan complementar o incluso reemplazar los antibióticos tradicionales.

El extracto etanólico de *Pelargonium zonale* L. (Geranio) presenta una diversidad de compuestos bioactivos, incluyendo antocianinas, flavonoides y taninos, los cuales han mostrado tener propiedades tanto antioxidantes como antibacterianas. Estos compuestos son reconocidos por su habilidad para afectar los procesos metabólicos de las bacterias, lo que puede llevar a la inhibición de su crecimiento y a la muerte celular. La identificación y caracterización de estos componentes son esenciales para comprender cómo actúa el extracto.

La investigación se propone comparar la actividad antibacteriana entre las hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. (Geranio). Estudios anteriores han sugerido que diferentes partes de una misma planta pueden contener concentraciones variables de metabolitos bioactivos. Por ejemplo, las hojas pueden tener un perfil fitoquímico distinto al de las flores, lo que podría influir en su efectividad como agentes antimicrobianos.

Importancia

- **Generación de evidencia científica local:** busca validar el potencial antimicrobiano del geranio bajo condiciones controladas.
- **Contribución a la salud pública:** proporciona alternativas naturales que podrían disminuir la dependencia de los antibióticos sintéticos y su consumo no regulado.
- **Valorización del patrimonio vegetal:** promueve la utilización responsable de recursos locales y tradicionales.
- **Base para desarrollo de fitofármacos:** los resultados podrían orientar formulaciones futuras y estudios clínicos.
- **Fortalecimiento académico:** mejora las capacidades en investigación experimental, fomentando enfoques científicos con impacto social.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* (Geranio) frente a diversas cepas patógenas: estudio en el CICA- Ica 2025.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Comparar la actividad antibacteriana de los extractos etanólicos de las hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* (Geranio) frente a cepas patógenas seleccionadas.
- Evaluar la eficacia del extracto etanólico de *Pelargonium zonale L.* (Geranio) en Comparación con antibiótico estándar frente a las cepas patógenas seleccionadas.
- Determinar la concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de *Pelargonium zonale L.* (Geranio) contra cada una de las cepas patógenas seleccionadas.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 *Pelargonium zonale* L.



Figura 1. *Pelargonium zonale* L.

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Subdivisión: Magnoliophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden: Geraniales

Familia: Geraniaceae

Género: *Pelargonium*

Especie: *Pelargonium zonale* (L.) L'Hér.

Descripción botánica

Este arbusto, que mide entre 30 y 50 cm, presenta tallos erectos y poco ramificados, un tanto carnosos. Sus hojas se agrupan en rosetas al final de las ramas. Son redondeadas, con 5 a 7 lóbulos sutiles, y tienen largos peciolo verdes, adornados con una zona semicircular más oscura en la lámina. Las flores se juntan en umbelas sobre pedúnculos extensos, con pedicelos largos, cinco sépalos unidos en la base y cinco pétalos rojizos, a veces rosados o blancos, de tamaño desigual. El fruto es alargado y se abre en cinco partes. (15).

Distribución

Es una planta exótica, traída desde Sudáfrica, que a veces crece casi salvaje. La familia Geraniaceae incluye unas 700 especies, entre hierbas y arbustos, apreciadas tanto por su belleza como por sus propiedades curativas.

Cultivo

Se cultivan en tierras y macetas, requieren abundante luz y un buen suelo que permita un buen drenaje. Floran prácticamente durante todo el año. Son tolerantes al calor y heladas leves, aunque es recomendable colocarles en lugares protegidos para un desarrollo mejor de la planta.

Usos medicinales

Las hojas de *Pelargonium zonale* L. se emplean para tratar inflamaciones de garganta, episodios de diarrea, hemorragias y dolor dental. También tienen propósitos ornamentales y funcionan como insecticidas, eliminando pulgas. Se preparan en infusión, siendo aconsejables gárgaras para inflamaciones de garganta. Para aliviar el dolor, se aplican las hojas machacadas en la zona afectada. (16).

Metabolitos secundarios con actividad antibacteriana

Compuestos fenólicos (CF)

Por lo general, los vegetales como producto de su metabolismo secundario normal, tienen la habilidad de biosintetizar una gran cantidad de compuestos fenólicos, algunos de los cuales son de utilidad para defenderse ante situaciones de estrés (hídrico, luminoso, etc.) Los fenoles se distinguen por su solubilidad, ya que tienen carácter ácido, además tienen la capacidad de formar complejos y dan positivo la prueba del cloruro férrico. Su toxicidad es generalmente baja, por lo que no se suele exigir la valoración de estas sustancias. Dentro de las acciones terapéuticas se le atribuyen propiedades como diuréticas, antiinflamatorias, analgésicas, antipiréticas, astringentes, antipiréticas, anti radical, antirreumático. [17(p.94-97)]

Taninos (TA)

Los taninos son compuestos polifenólicos, ya que son capaces de precipitar ciertas macromoléculas (proteínas, alcaloides, celulosa, gelatina), debido a sus propiedades de curtir la piel y su poder astringente. Estos compuestos se pueden disolver en agua y a la vez en disolventes orgánicos polares (acetona, alcohol), pero no son solubles en disolventes orgánicos apolares (cloroformo, éter). Estos son capaces de formar complejos con metales pesados y se oxidan con facilidad, sobre todo en medio ácido.

Como acciones terapéuticas se consideran las siguientes:

- **Antídoto:** Debido a su capacidad de formar complejos con metales pesados y alcaloides es utilizado como antídoto en este tipo de intoxicación.
- **Astringentes:** Su capacidad para precipitar proteínas de la piel, proteínas salivares, etc. Se suelen utilizar como cicatrizantes por vía externa.
- **Antisépticos:** muestran acción bactericida y bacteriostática. También ejercen un efecto antifúngico.
- **Protectores:** cuando los taninos son aplicados en pomadas de uso externo Impermeabilizan la piel y la protegen de los agentes externos. Si hay una cicatriz favorecen a la regeneración y tienen poder analgésico
- **Antioxidantes:** Son capaces de captar radicales libres e inhibir la per Oxidación lipídica.

Flavonoides (FL)

Los flavonoides se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas; sobre todo en partes aéreas: hojas, flores y frutos; desempeñando varias funciones, entre ellas la producción de pigmentos de color amarillo en las flores y en la defensa contra microorganismos e insectos. Su solubilidad varía, ya que este depende de la forma en que se encuentren: aglicones libres o heterósidos. Los Aglicones son insolubles en agua, poco solubles en mezclas hidroalcohólicas y solubles en disolventes orgánicos ya sean polares o apolares. Los heterósidos son solubles en agua y en mezclas hidroalcohólicas e insolubles en disolventes orgánicos apolares. Son sustancias fácilmente oxidables. La quercetina es el flavonoide más activo, y numerosas plantas medicinales deben gran parte de su actividad a su alto contenido, la misma que ha demostrado una importante actividad antiinflamatoria debido a la inhibición directa de varios procesos preliminares de la inflamación. Las principales acciones

terapéuticas son: antihemorrágico, anti arrítmico, Protectores de la pared vascular o capilar, antiinflamatorios, antioxidante, antibacterianos, antivíricos, antifúngicos, diuréticos, antiespasmódicos. [17(p.106-108)]

Terpenos (TE)

Los terpenos son compuestos químicos aromáticos derivados del isopreno, compuesto de 5 carbonos con dobles enlaces conjugados. Su clasificación se determina por el número de isoprenos que contiene así: Monoterpenos (2 unidades), sesquiterpenos (3 unidades), diterpenos (4 unidades), triterpenos (6 unidades) y politerpenos (más de 8 unidades). Dentro de los Monoterpenos existen varios derivados de origen vegetal interesantes, como es el caso de los aceites esenciales que proporcionan un olor característico a muchas plantas, como es el caso del geraniol en el geranio (18)

El aceite esencial es usado en aromaterapia, así como en medicina tradicional y alternativa.

Quinonas (QU)

Las quinonas son compuestos abundantes en la naturaleza, se hallan en vegetales superiores, así como en hongos y bacterias. Tienen una estructura química aromática que cuenta con dos grupos cetona, de acuerdo a su grado de complejidad pueden clasificarse en benzoquinonas, naftoquinonas o antraquinonas si son estructuras monocíclicas, bicíclicas o tricíclicas. Las antraquinonas se caracterizan por su capacidad laxante, ya que aumentan el peristaltismo intestinal, ejercen también un efecto colagogo y purgante, mientras que las naftoquinonas presentan una acción antiséptica. (19).

Leucoantocianidinas (LE)

Las Leucoantocianidinas son considerados compuestos directamente relacionados con los flavonoides, son pigmentos que confieren coloraciones a numerosas flores, frutos y hojas. Con respecto a su acción terapéutica se caracteriza por tener actividad antioxidante, antiinflamatoria y antiagregante plaquetario.

Método Difusión en disco:

También conocido como método de Kirby-Bauer, se basa en la difusión de un agente antimicrobiano desde un disco de papel impregnado sobre una placa de agar inoculada con bacterias. Se utiliza agar Müeller-Hinton como medio estándar por su capacidad de difusión uniforme. Tras la incubación (generalmente a 35 °C por 18–24 horas), se mide el diámetro del halo de inhibición alrededor del disco.

Determina la susceptibilidad bacteriana a antibióticos o extractos naturales y es muy útil en laboratorios clínicos y en estudios de bioprospección.

El tamaño del halo se compara con estándares establecidos por organismos como CLSI o EUCAST para categorizar la cepa como sensible, intermedia o resistente. (20)

Método de excavación

Se realiza una excavación o pozo en el agar previamente inoculado con bacterias. Se deposita una cantidad medida del extracto o sustancia en el pozo. Tras la incubación, se mide el halo de inhibición alrededor del pozo.

Permite aplicar volúmenes mayores que el método de disco. Útil para extractos viscosos o que no se impregnan bien en papel.

La difusión depende de la viscosidad, polaridad y tamaño molecular del compuesto.

Se recomienda dejar pre difundir el extracto antes de incubar para mejorar la sensibilidad. (21)

Método de dilución

Este método permite una evaluación cuantitativa de la actividad antimicrobiana.

Se realiza en caldo (microdilución o macrodilución) o en agar. Se preparan diluciones seriadas del agente antimicrobiano y se inoculan con una concentración estándar de bacterias. Tras la incubación, se determina la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI): la menor concentración que inhibe el crecimiento visible.

Dilución en caldo: más sensible, permite determinar también la Concentración Mínima Bactericida (CMB).

Dilución en agar: útil para compuestos que no se difunden bien en líquidos.

Ideal para extractos vegetales, antibióticos nuevos o compuestos puros. Permite diferenciar entre efecto bacteriostático y bactericida. (22).

Actividad antibacteriana de los extractos vegetales

Se refiere a la capacidad de ciertas sustancias obtenida de plantas para inhibir o eliminar el crecimiento de bacterias. Esta actividad se debe a la presencia de compuestos bioactivos en los extractos como polifenoles, terpenoides y alcaloides, que pueden interferir con procesos vitales de las bacterias, como la síntesis de la pared celular, la replicación del ADN o la función de proteínas. (23)

Agar Mueller Hinton

Es un medio de cultivo que se utiliza principalmente para las pruebas de susceptibilidad a los antimicrobianos. Se ha convertido en el medio estándar para el método de Bauer-Kirby y su rendimiento está especificado por el NCCLS. (24)

Cepas utilizadas

Escherichia coli

Escherichia coli es una bacteria Gram negativa que usualmente se halla en el intestino humano y de los animales de sangre calentada. La mayor parte de las cepas de *E. coli* no tienen ningún efecto perjudicial. No obstante, algunas de estas, como la *E. coli* generadora de toxina Shiga, pueden provocar serias enfermedades mediante la ingesta de alimentos, pueden provocar infecciones en el intestino (tracto gastrointestinal), el sistema urinario y otras áreas del organismo. La bacteria se propaga al ser humano principalmente a través del consumo de alimentos contaminados, tales como carne cruda o poco cocida, leche cruda, y vegetales y semillas germinadas crudas contaminadas. (25)

Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus se clasifica como parte de la familia Staphylococcaceae. Es Gram positivo, pese a que las cepas antiguas o los microorganismos fagocitados pueden presentar un tinte Gram negativo. Posee un aspecto de coco y puede presentarse en pares, en secuencias o en racimos. Su diámetro varía entre 0,8 y 1,5 micrómetros (μm), es inmóvil y ciertas variedades generan una cápsula externa mucoide que potencia su habilidad para generar infecciones. Infecciones locales en la piel y las mucosas (como impétigo, foliculitis,

forunculosis, conjuntivitis, entre otras), y infecciones internas que se intensifican en personas con inmunidad debilitada, pueden causar endocarditis, meningitis, artritis séptica, neumonía y osteomielitis, que pueden ser letales. En términos de metabolismo, es facultativo anaerobio, coagulasa positiva, catalasa positiva y oxidasa negativa. (26)

Salmonella typhi

Salmonella enterica serotipo typhi es una bacteria Gram negativa responsable de la fiebre tifoidea y ha sido una carga para los países en desarrollo durante generaciones. Es una bacteria que infecta el tracto intestinal y la sangre. La enfermedad se conoce como fiebre tifoidea. Las bacterias *S. paratyphi* A, B y C causan una enfermedad similar, que se incluye dentro de la fiebre tifoidea. Sin embargo, la fiebre paratifoidea suele ser más leve y de menor duración que la fiebre tifoidea. (27, 28)

Klebsiella pneumoniae

La *Klebsiella* es un tipo de bacteria Gram negativa que se encuentra habitualmente en las heces humanas y que puede causar infecciones asociadas a la atención médica (IAAS). *Klebsiella* puede causar neumonía, infecciones del torrente sanguíneo, infecciones en heridas o sitios quirúrgicos y meningitis. (29)

Pseudomonas aeruginosa

Las *Pseudomonas* son un grupo de bacterias que se encuentran comúnmente en el medio ambiente, como el suelo y el agua. El tipo más común que causa infecciones en humanos es la *Pseudomonas aeruginosa*. Es una especie de bacterias Gram-negativas, aeróbicas, con motilidad unipolar. Puede causar infecciones en la sangre, los pulmones (neumonía), el tracto urinario u otras partes del cuerpo después de la cirugía. (30)

1.6 Marco Conceptual:

Maceración

La maceración es un procedimiento para obtener los componentes activos de una planta en un medio líquido. Se trata de permitir que una hierba repose en agua fría y otro disolvente por un periodo que puede variar entre 6 horas y varias semanas o meses. (31)

Extracto etanólico

Un extracto etanólico es un tipo de extracto vegetal obtenido mediante la maceración o percolación de materia prima vegetal en etanol (alcohol etílico). Este proceso disuelve compuestos solubles en etanol, y luego se evapora el disolvente para obtener una sustancia concentrada.

Cepa bacteriana

Una cepa bacteriana se define como un subconjunto de una especie bacteriana que se diferencia de otras bacterias de la misma especie por alguna diferencia menor, pero identificable. (32)

Halo de inhibición

Se define como la región clara que rodea un disco con antibiótico en un antibiograma, donde no hay desarrollo bacteriano visible en la placa de agar inoculada. Este halo representa una evaluación cuantitativa de la capacidad del antibiótico para inhibir el crecimiento del microorganismo. (33)

Resistencia bacteriana

Es la capacidad de las bacterias de neutralizar los efectos de los antibióticos, haciendo que estos medicamentos sean ineficaces para tratar las infecciones. Esto significa que las bacterias pueden sobrevivir y multiplicarse incluso cuando se exponen a antibióticos diseñados para eliminarlas. (34)

Fitoterapia

La fitoterapia es la terapéutica que utiliza las plantas medicinales para prevenir o sanar una enfermedad o bien para curar pequeños trastornos como se ha hecho tradicionalmente: con el uso de las plantas medicinales. (35).

Porcentaje de inhibición relativa

Este parámetro se utiliza para cuantificar la actividad antibacteriana o citotóxica de una sustancia frente a un microorganismo o línea celular. Se compara la actividad biológica (como la absorbancia, crecimiento bacteriano o viabilidad celular) en presencia y ausencia del agente evaluado. (36)

Medio de cultivo

Es una mezcla nutritiva que permite el crecimiento de microorganismos en condiciones controladas. Sus tipos son: Líquidos (caldos): permiten crecimiento disperso (ej. Caldo nutritivo); Sólidos (agar): permiten observar colonias (ej. Agar Mueller-Hinton) y Semisólidos: útiles para pruebas de motilidad. (37).

Metabolito secundario

Son compuestos orgánicos producidos por plantas, hongos o bacterias que no son esenciales para la supervivencia, pero sí para la defensa, competencia o interacción ecológica. (38)

Concentración mínima inhibitoria

Es la menor concentración de un agente antimicrobiano que inhibe el crecimiento visible de un microorganismo tras incubación. Se determina en: Dilución en caldo: se inoculan tubos con concentraciones crecientes del antibiótico y E-test: tira con gradiente de concentración sobre agar. (39)

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación

2.1.1 Tipo de Investigación:

La investigación aplicada puede integrar la teoría existente. Por lo general utilizan varias ciencias para la resolución de problemas. En caso de que el problema sea concreto y no se le puede resolverse aplicando los principios abstractos de una ciencia (40).

2.1.2 Nivel de Investigación:

Explicativa: La investigación se enfoca en clarificar las relaciones causales entre diversas variables o fenómenos. Para ello, se emplean métodos de investigación más estrictos, tales como experimentos controlados o estudios longitudinales. (41).

2.1.3 Diseño de Investigación:

Experimental: En el transcurso del diseño experimenta, las variables pueden ser manipuladas por los investigadores.

2.2 Lugar de Investigación:

Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Facultad de Farmacia y Bioquímica, departamento de ciencias farmacéuticas, laboratorio de farmacognosia y Centro de Investigación, Capacitación y Asesoría CICA-Ica.

2.3 Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general:

El extracto etanólico de las hojas y flores de *Pelargonium zonale L* (Geranio) exhibe actividad antibacteriana significativa frente a las cepas patógenas estudiadas.

2.3.2. Hipótesis específicas:

- El extracto etanólico de las hojas de *Pelargonium zonale L*. (Geranio) exhibe una mayor actividad antibacteriana frente a las cepas patógenas seleccionadas en comparación con el extracto de las flores.
- El extracto etanólico de hojas y flores *Pelargonium zonale L*. (Geranio)

muestra una eficacia antibacteriana igual o mayor a la del antibiótico estándar frente a las cepas patógenas seleccionadas.

- El extracto etanólico de hojas y flores *Pelargonium zonale L.* (Geranio) presenta una concentración mínima inhibitoria (MIC) efectiva para inhibir el crecimiento en las cepas patógenas estudiadas, con variaciones según la cepa específicas.

2.4 Variables

Variable independiente

Parte de la planta utilizada:

Hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* (Geranio).

Concentración del extracto etanólico aplicado.

Variable dependiente

Actividad antibacteriana, medida a través de:

Diámetro de la zona de inhibición del crecimiento bacteriano.

Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) necesaria para inhibir el crecimiento de las cepas patógenas.

Variables controladas

Cepas bacterianas patógenas seleccionadas para el estudio.

Condiciones de cultivo y mantenimiento de las cepas bacterianas.

Método de extracción y preparación del extracto etanólico.

Condiciones ambientales durante la realización de los ensayos (temperatura, pH, tiempo de incubación, etc.).

2.5. OPERAZIONALIZACION DE VARIABLES:

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
			Definición operacional
Variable independiente Parte de la planta utilizada: Hojas y flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) Concentración del extracto etanólico aplicado	Extractos vegetales que se usan para tratar enfermedades	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación botánica - Preparación de extractos - Identificación de metabolitos secundarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Forma, color, tamaño - g/mL. - Reacciones de coloración y/o precipitación
Variable dependiente Actividad Antibacteriana medida a través de: Diametro de la zona de inhibición del crecimiento bacteriano. CMI necesaria para inhibir el crecimiento de las cepas patógenas.	Inhibición del crecimiento bacteriano	<ul style="list-style-type: none"> - Método de Difusión en agar - Concentración mínima inhibitoria (MIC) - Porcentaje de inhibición relativa (PIR). 	<ul style="list-style-type: none"> - Mm Mg/mL %

2.6. POBLACION Y MUESTRA

Población vegetal: Especie *Pelargonium zonale* L.

Población bacteriana: *Escherichia coli* ATC 13216, *Staphylococcus aureus* ATC 29213, *Salmonella typhi* ATC 14028, *Klebsiella pneumoniae* ATC 13883, *Pseudomonas aeruginosa* ATC 9027.

Muestra: Hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. (Geranio).

2.7. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Materiales de Laboratorio:

- Probeta 100 mL
- Bagueta
- Matraz Erlenmeyer
- Vasos de precipitados
- Embudos
- Tubos de ensayo
- Gradilla para tubo de ensayo
- Espátulas de metal
- Luna de reloj
- Micropipetas de 100 µL
- Micropipetas de 1000 µL
- Pipetas de 5 mL y 10 mL
- Viales
- Placas petri
- Pipeta Pasteur
- Torundas

Material biológico

- Muestra Vegetal: hojas y flores de *Pelargonium zonales L.*
- Cepas bacterianas: *Escherichia coli* ATC 13216, *Staphylococcus aureus* ATC 29213, *Salmonella thypi* ATC 14028, *Klebsiella pneumoniae* ATC 13883, *Pseudomonas aeruginosa* ATC 9027.
- Caldo nutritivo.
- Agar Muller Hinton

Equipos de laboratorio

- Balanza analítica
- Refrigeradora
- Campana bacteriológica de flujo laminar
- Autoclave
- Incubadora 37 °C
- Estufa

- Equipo rotavapor

Solventes y reactivos

- Alcohol 96°
- Cloranfenicol
- Agua destilada

Otros

- Papel de filtro
- Papel de aluminio
- Hisopos estériles
- Papel kraft

2.7 Tratamiento del material vegetal:

Las hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. fueron recolectadas en el Caserío de Pachacutec, Distrito de Chincha Baja y seleccionadas sin algún deterioro; se transportó en papel kraft.



Figura 2. Recolección en el caserío Pachacutec – Chincha Baja

Identificación taxonómica

Se llevó a la Facultad de biología, para que el Dr. Miranda Huamán clasifique la especie vegetal.

Limpieza

Las hojas y flores se lavaron con agua potable y posteriormente con agua destilada.

Desecación

Las hojas y flores se secaron bajo sombra por 15 días, y si aún tuviera humedad se colocaron en estufa a 40 °C.

Molienda

Una vez desecadas las hojas y flores se molerá con ayuda de un molino analítico.

Conservación

Para su conservación se almacenará adecuadamente en frascos ámbar en un lugar sin humedad y luz directa, hasta su posterior utilización, colocando una etiqueta que indique nombre de especie, parte usada y la fecha de almacenamiento (42).

Figura 3. TRATAMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL



Obtención del extracto etanólico

Se utilizó la técnica de maceración, se procedió a pesar 50 gramos de hojas y 50 gramos de flores; se le agregó 350 mL de etanol de 96° a las hojas y a las flores se agregó 750 mL de etanol de 96°, se agitó 2 veces al día por un período de 14 días. Luego se procedió a filtrar en gasa estéril y después por papel de filtro. Luego se llevó al equipo rotavapor. Después se llevó a baño María para que seque por completo los extractos.

Identificación fitoquímica de los extractos etanólicos

Para la detección de los metabolitos secundarios y/o primarios que se encuentran en las hojas y flores, se emplearán reacciones de coloración y/o precipitación (43).

Para realizar la identificación fitoquímica de cada extracto, se utilizó 15 ml de maceración; se pasó a baño María para que el etanol 96° no interviniera con las reacciones.

Flavonoides: Se empleó la reacción de Shinoda para detectar flavonoides, En una placa excavada se colocó 1 gota de cada extracto etanólico y luego se agregó 1 gota de ácido clorhídrico concentrado y dos limaduras de magnesio. Se dejó reposar 5 minutos. La reacción fue positiva

Taninos: En una placa excavada se colocó 1 gota de cada extracto etanólico y luego se añadió 1-2 gotas de cloruro férrico al 0,5%. La reacción fue positiva

Saponinas: En dos tubos de ensayo se colocó aproximadamente 1 mL de cada extracto etanólico y se añadió 2 mL agua destilada. Se agitó durante 1 minuto. La reacción fue positiva porque se presenció sobre la superficie de los extractos la forma de espuma de más de dos mm de altura.

Azúcares reductores: Se añadió 1 mL de extracto etanólico y 1 mL del reactivo de Fehling en un tubo de ensayo, se mezcló y se llevó a baño maría durante unos 10 minutos. La reacción fue positiva presento un precipitado rojo ladrillo.

Aminoácidos: Se colocó el extracto etanólico en un tubo de ensayo, al cual se le agregó 1 mL de Ninhidrina y se sometió a baño maría durante 20 minutos. Se observó una coloración púrpura, la reacción fue positiva.

Alcaloides: En una placa con cavidades, se añadió una gota de cada extracto etanólico en cada cavidad, seguida de una gota de HCl al 1%. Posteriormente, se añadió una gota de cada uno de los reactivos: Dragendorff, Mayer, Wagner. La reacción fue positiva

Triterpenos y/o esteroides: Se empleó la reacción de Liebermann- Burchard para detectar a los triterpenos y/o esteroides. En un vaso de precipitación se colocó en baño maría 1 mL de cada extracto etanólico se evaporó a sequedad en baño maría y cada residuo se disolvió con 1 mL de diclorometano hasta evaporación. Posteriormente se añadió a cada tubo de ensayo y se añadió 1 mL de anhídrido acético y 0,1 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se observó un color azul verdoso (hojas) y un verde oscuro (flores), dando así que las reacciones fueron positivas.

Quinonas

Se empleó la reacción de Borntrager, para detectar a las quinonas se tomó 1 mL de cada extracto, se llevó a sequedad y se añadió 5 mL de NaOH 5% y se observó el color de la fase acuosa. Si se observó una coloración roja para ambos extractos, eso quiere decir que la reacción es positiva.

Evaluación de la Actividad Antibacteriana

Se empleará el Método de Difusión por excavación en agar y el Método de dilución.

Cepas utilizadas

- *Escherichia coli* ATC 13216
- *Staphylococcus aureus* ATC 29213
- *Salmonella typhi* ATC 14028
- *Klebsiella pneumoniae* ATC 13883
- *Pseudomonas aeruginosa* ATC 9027

Medio de cultivo

- Agar Mueller Hinton
- Caldo nutritivo

Control positivo

- Cloranfenicol

Control negativo

- Etanol 96°

Preparación del medio de cultivo

Se esteriliza los materiales de laboratorio.

La preparación del cultivo de Mueller Hinton: se pesa 38 gr y se disuelve en 1000 mL de medio y se movió con la bagueta hasta que se haya disuelto, lo calentamos y el medio se va aclarando, retiramos antes de que hierva y vaciamos 25 mL en los tubos; se esterilizo en autoclave por 15 min y 15 lb de presión (121°C).

Posteriormente se colocó 25 mL de medio de cultivo en placas Petri estériles y se dejó que solidifique y finalmente se colocó en la estufa durante 24 horas a 35 °C para pasar la prueba de esterilidad.

Preparación del inóculo

Las cepas refrigeradas se dejan al medio ambiente y luego se siembran en caldo nutritivo, se deja incubando por 24 horas para ser sembradas en medios selectivos diferenciales. *E. coli* en agar MacConKey, *Salmonella tiphy* en agar SS, *Pseudomonas aeruginosa* en agar Cetrimide, *S. aureus* en agar Manitol Salado, y *K. pneumoniae* en agar MacConKey, se deja incubar 24 horas y se verifica su identidad por pruebas bioquímicas, para posteriormente ser sembradas en caldo nutritivo y ser usadas para el enfrentamiento con incubación previa de 24 horas

Preparación de los extractos

Se diluyó 14 mL de alcohol a la muestra seca del extracto de las hojas, ya que su rendimiento fue de 14 gramos y para las flores se diluyó 7 mL de alcohol a la muestra seca, ya que obtuvo un rendimiento 7 gramos. Luego de disolver ambos extractos, se procedió a preparar las concentraciones al 100%, 50% y 25% en viales estériles.

Método de Difusión por excavación en agar:

En placas de Mueller-Hinton (MH), se realizó el sembrado por estrías a las cepas microbianas en tres direcciones en toda la superficie; a continuación, se realizó cinco perforaciones en el medio utilizando sacabocados estériles, el diámetro del pozo fué de 8 mm. Se retiró el residuo y se sella con una gota del mismo medio. Como control positivo, se empleó un antibiótico (cloranfenicol), y como control negativo (etanol 96°); además, se utilizó el extracto etanólico de hojas y flores en tres concentraciones: 100%, 50%, 25%, para el llenado de los pozos se utilizó pipetas Pasteur de vidrios estériles. Las pruebas se realizaron por triplicado. Los halos de inhibición bacteriana se compararán con el control positivo (antibiótico) para calcular el

PIR, que es la actividad antimicrobiana de los extractos en relación con el control positivo (antibiótico), expresado en porcentaje (44).

$$\% \text{ efecto inhibitorio} = \frac{\text{media del diámetro del halo de inhib. extracto}}{\text{media del diámetro del halo de inhib. control positivo}} \times 100$$

Figura 4. Fórmula PIR

Método de dilución:

Procedimiento:

Se utilizó dos series de diez tubos estériles de vidrio, los cuales fueron enumerados del 1 al 10, se agregó 0,5 mL de caldo nutritivo, desde el tubo 2 al tubo 10 de cada serie; luego se agregó 0,5 mL del extracto etanólico con la concentración con mayor tamaño de halo de inhibición de la prueba anterior al tubo 1 y 2, y del tubo 2 se procedió a realizar la dilución hasta el tubo 9. Finalmente se añadió 0,5 mL del cultivo de cada microorganismo a cada serie de tubos. Luego se incubó por 24 horas a 37 °C se observó el crecimiento por la turbidez en los medios. Posteriormente en una placa con agar MH que previamente se enumeró y dividió equitativamente en 10 partes, se realizó una siembra por estría con asa bacteriológica en cada sector, de llevó a incubar por 24 horas a 37 °C, y se realizó las lecturas de acuerdo a la presencia o ausencia del crecimiento de los microorganismos.

III. RESULTADOS

3.1. Tamizaje fitoquímico

Tabla 1. Tamizaje fitoquímico de los extractos de *Pelargonium zonale L.* hojas y flores

<i>Pelargonium zonale L.</i>			
Ensayo	Compuesto	Hojas	Flores
Shinoda	Flavonoides	++	++
Cloruro férrico	Taninos	++	++
Dragendorff	Alcaloide	++	+
Mayer	Alcaloide	+	+
Wagner	Alcaloide	++	++
Lieberman – Buchard	Terpenos	+++	++
Borntrager	Quinonas	+++	+++
Espuma	Saponinas	+	+
Fehling	Azúcares reductores	++	++
Ninhidrina	Aminoácidos	+	++

Fuente: datos del proceso de recolección de información

Negativo (-)

Baja evidencia (+)

Evidencia (++)

Alta evidencia (+++)

3.2. Actividad antibacteriana de extracto de hojas y flores frente a las cepas de estudio.

Tabla 2. Promedio y desviación estándar del halo de inhibición (mm) generado por el extracto etanólico de hojas de *Pelargonium zonale* L. frente a cepas patógenas

Microorganismo	Concentración	Promedio halo (mm)	Desviación estándar
<i>E. coli</i>	25%	21,67	0,58
	50%	25,33	0,58
	100%	29,00	1,73
<i>S. typhi</i>	25%	20,33	0,58
	50%	25,67	1,53
	100%	30,67	3,79
<i>K. pneumoniae</i>	25%	22,67	2,08
	50%	23,67	2,31
	100%	28,00	1,00
<i>P. aeruginosa</i>	25%	20,67	1,15
	50%	25,00	1,73
	100%	29,33	0,58
<i>S. aureus</i>	25%	20,33	0,58
	50%	26,00	1,73
	100%	28,67	1,15

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

El extracto etanólico de hojas de *Pelargonium zonale* L. evidenció actividad antibacteriana frente a todas las cepas evaluadas, con un incremento progresivo en el diámetro del halo de inhibición conforme aumentó la concentración del extracto, confirmando un efecto dosis-dependiente. Las cepas más sensibles fueron *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella typhi*, con halos promedio de 29,33 mm y 30,67 mm, respectivamente, a la concentración del 100 %. En *Klebsiella pneumoniae* y *Staphylococcus aureus*, se observó una actividad moderada con halos entre 26,00 y 28,67 mm, mientras que *Escherichia coli* mostró la menor respuesta, alcanzando 29,00 mm como máximo. La consistencia de los resultados, reflejada en desviaciones estándar relativamente bajas, refuerza la eficacia del extracto de hojas como agente antimicrobiano. Estas observaciones respaldan el potencial fitoterapéutico del extracto, particularmente en concentraciones altas.

Tabla 3. Promedio y desviación estándar del halo de inhibición (mm) generado por el extracto etanólico de flores de *Pelargonium zonale* L. frente a cepas patógenas, en diferentes concentraciones. Ensayo por difusión en agar (n = 3).

Microorganismo	Concentración	Promedio halo (mm)	Desviación estándar
<i>E. coli</i>	25%	25,00	1,00
	50%	24,33	0,58
	100%	30,00	0,00
<i>S. typhi</i>	25%	25,00	1,73
	50%	23,33	0,58
	100%	26,67	1,15
<i>K. pneumoniae</i>	25%	21,67	1,53
	50%	21,33	1,53
	100%	24,67	0,58
<i>P. aeruginosa</i>	25%	24,67	0,58
	50%	24,33	2,08
	100%	28,00	2,00
<i>S. aureus</i>	25%	21,00	1,00
	50%	21,67	0,58
	100%	24,67	0,58

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

El extracto etanólico de flores de *Pelargonium zonale* L. evidenció actividad antibacteriana frente a todas las cepas evaluadas, mostrando un efecto dosis-dependiente. En *Escherichia coli*, el halo aumentó progresivamente hasta alcanzar 30,00 mm a la concentración del 100 %. En *Salmonella typhi* y *Pseudomonas aeruginosa* se registraron halos de inhibición superiores a 26 mm a la concentración más alta del extracto, lo que evidencia una respuesta antibacteriana favorable y dosis-dependiente frente a estas cepas. *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella pneumoniae* mostraron una actividad moderada, con halos máximos de 24,67 mm. Las desviaciones estándar, en su mayoría bajas, respaldan la consistencia de los resultados, salvo en algunos casos como *P. aeruginosa* ($\pm 2,08$ mm) y *S. typhi* ($\pm 1,73$ mm), donde se observó mayor variabilidad. En conjunto, los resultados respaldan el potencial antibacteriano del extracto floral, aunque ligeramente inferior al de las hojas en algunas cepas.

Figuras comparativas de la actividad antibacteriana por cepa

Figura 5. Actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli*

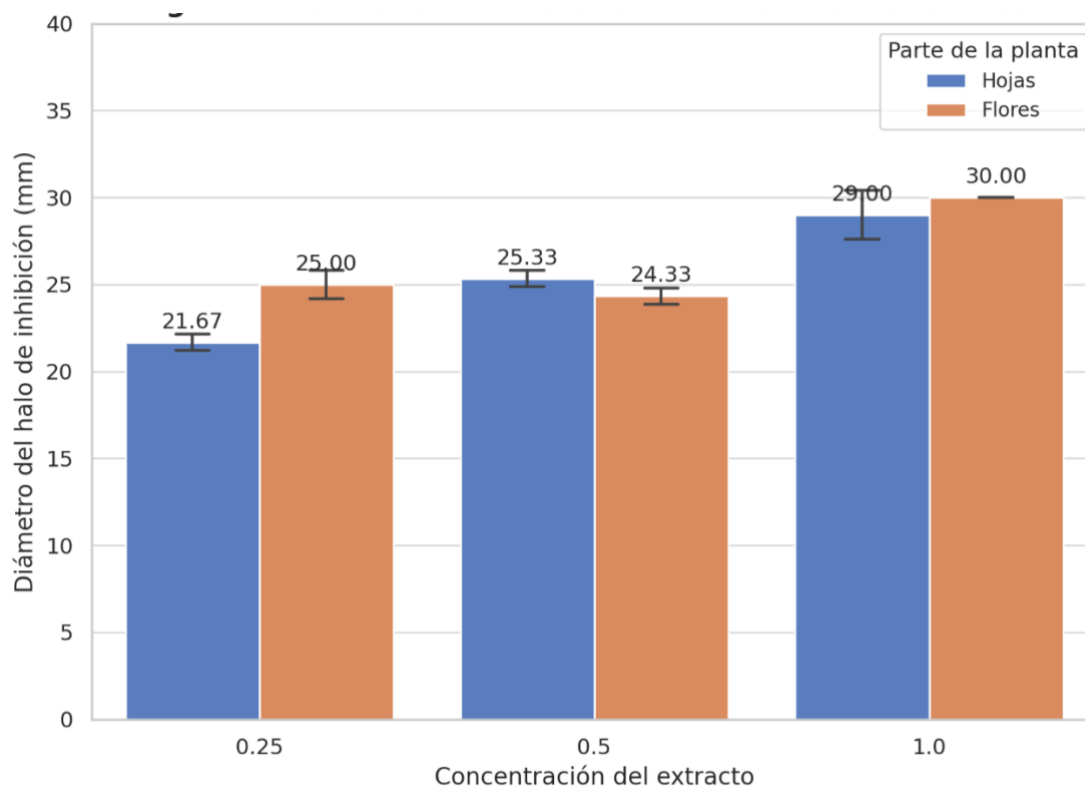


Figura 5. Diámetro promedio del halo de inhibición producido por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a *Escherichia coli*, en concentraciones del 25 %, 50 % y 100 %, medido mediante el método de difusión en agar. Los datos representan la media \pm desviación estándar (n = 3 por grupo).

Interpretación: El extracto etanólico de *Pelargonium zonale* mostró actividad antibacteriana significativa frente a *Escherichia coli*. Se observó un aumento progresivo en el diámetro del halo con el incremento de la concentración del extracto, y diferencias entre hojas y flores según la cepa. Estos resultados confirman un efecto dosis-dependiente y variable según la parte de la planta utilizada.

Figura 6. Actividad antibacteriana frente a *Salmonella typhi*

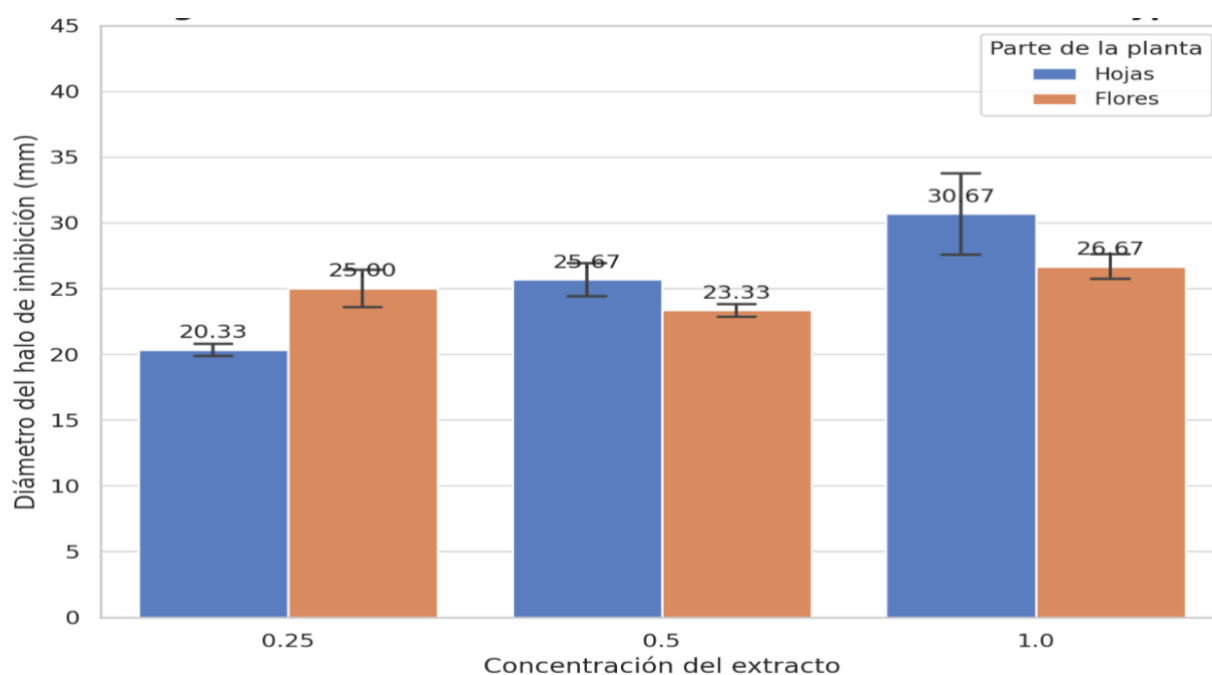


Figura 6. Diámetro promedio del halo de inhibición producido por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a *Salmonella typhi*, en concentraciones del 25 %, 50 % y 100 %, medido mediante el método de difusión en agar. Los datos representan la media \pm desviación estándar (n = 3 por grupo).

Interpretación: El extracto etanólico de *Pelargonium zonale* mostró actividad antibacteriana significativa frente a *Salmonella typhi*. Se observó un aumento progresivo en el diámetro del halo con el incremento de la concentración del extracto, y diferencias entre hojas y flores según la cepa. Estos resultados confirman un efecto dosis-dependiente y variable según la parte de la planta utilizada

Figura 7. Actividad antibacteriana frente a *Klebsiella pneumoniae*

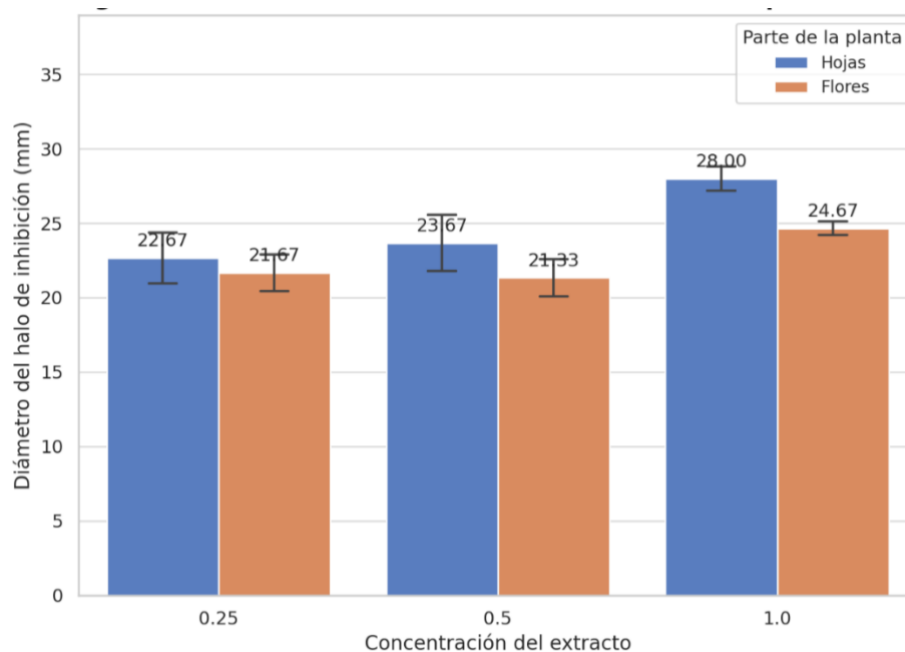


Figura 7. Diámetro promedio del halo de inhibición producido por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* frente a *Klebsiella pneumoniae*, en concentraciones del 25 %, 50 % y 100 %, medido mediante el método de difusión en agar. Los datos representan la media \pm desviación estándar (n = 3 por grupo).

Interpretación: El extracto etanólico de *Pelargonium zonale* mostró actividad antibacteriana significativa frente a *Klebsiella pneumoniae*. Se observó un aumento progresivo en el diámetro del halo con el incremento de la concentración del extracto, y diferencias entre hojas y flores según la cepa. Estos resultados confirman un efecto dosis-dependiente y variable según la parte de la planta utilizada.

Figura 8. Actividad antibacteriana frente a *Pseudonoma aeruginosa*

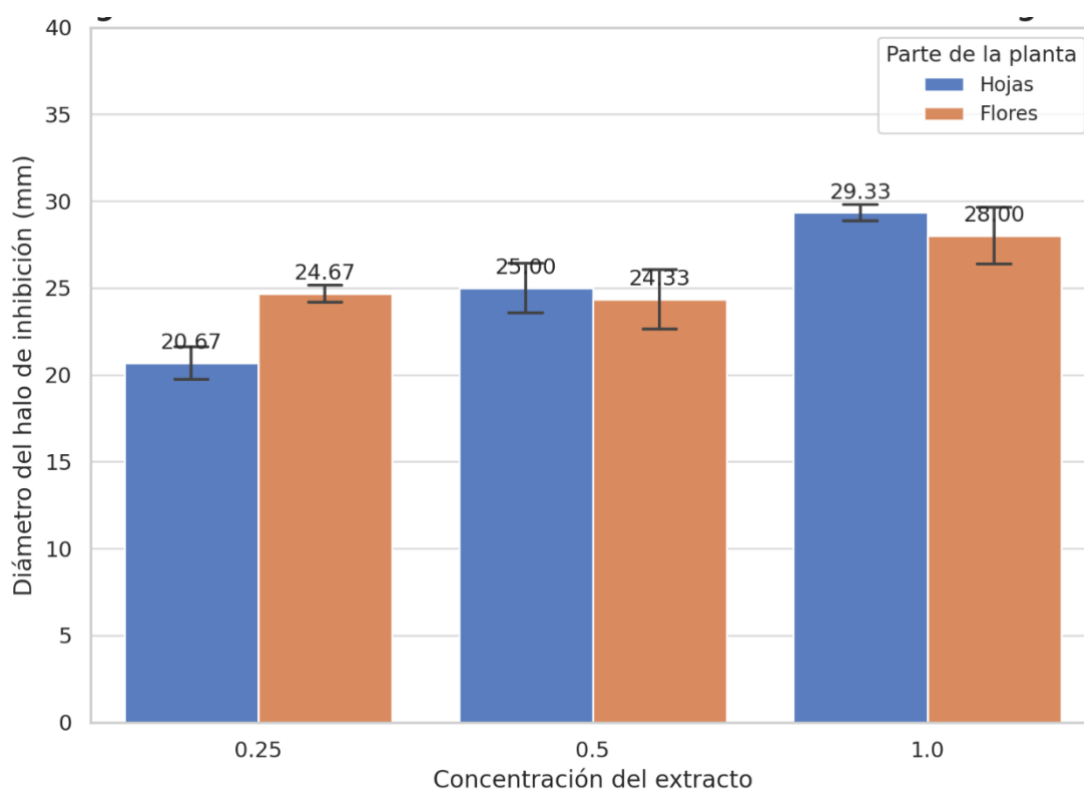


Figura 8. Diámetro promedio del halo de inhibición producido por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* frente a *Pseudonoma aeruginosa*, en concentraciones del 25 %, 50 % y 100 %, medido mediante el método de difusión en agar. Los datos representan la media \pm desviación estándar (n = 3 por grupo).

Interpretación: El extracto etanólico de *Pelargonium zonale* mostró actividad antibacteriana significativa frente a *Pseudonoma aeruginosa*. Se observó un aumento progresivo en el diámetro del halo con el incremento de la concentración del extracto, y diferencias entre hojas y flores según la cepa. Estos resultados confirman un efecto dosis-dependiente y variable según la parte de la planta utilizada.

Figura 9. Actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus*

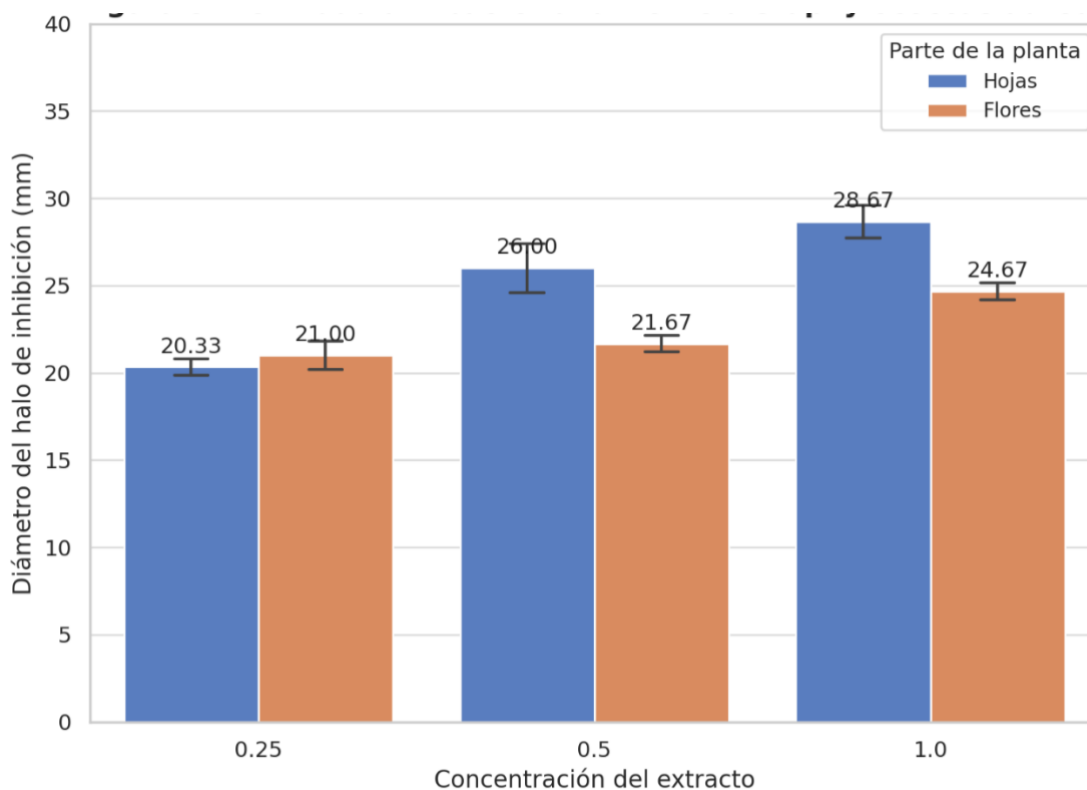


Figura 9. Diámetro promedio del halo de inhibición producido por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* frente a *Staphylococcus aureus*, en concentraciones del 25 %, 50 % y 100 %, medido mediante el método de difusión en agar. Los datos representan la media \pm desviación estándar ($n = 3$ por grupo).

Interpretación: El extracto etanólico de *Pelargonium zonale* mostró actividad antibacteriana significativa frente a *Staphylococcus aureus*. Se observó un aumento progresivo en el diámetro del halo con el incremento de la concentración del extracto, y diferencias entre hojas y flores según la cepa. Estos resultados confirman un efecto dosis-dependiente y variable según la parte de la planta utilizada.

Comparación de halos de inhibición generados por los extractos de hojas y flores

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar los halos de inhibición generados por los extractos etanólicos de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* frente a cepas patógenas, utilizando la concentración del 100 %. Esta prueba se eligió debido a que algunos grupos no cumplieron con los supuestos de normalidad, y permite contrastar dos o más grupos independientes cuando los datos no se distribuyen normalmente.

Tabla 4 Comparación de halos de inhibición generados por los extractos de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. mediante la prueba de Kruskal-Wallis (concentración 100 %)

Microorganismo	Media Hojas	Media Flores	H (estadístico)	p	¿Significativo?
<i>E. coli</i>	29,0	30,0	1,0	0,3173	No
<i>S. thypi</i>	30,67	26,67	3,23	0,0722	No
<i>K. pneumoniae</i>	28,0	24,67	3,97	0,0463	Sí
<i>P. aeruginosa</i>	29,33	28,0	0,81	0,3687	No
<i>S. aureus</i>	28,67	24,67	4,9	0,0431	Sí

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

Interpretación

Los resultados indican que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los extractos de hojas y flores en *Klebsiella pneumoniae* ($p = 0,0463$) y *Staphylococcus aureus* ($p = 0,0431$), donde los extractos de hojas mostraron mayores halos de inhibición. En el resto de cepas, las diferencias no fueron significativas, aunque *Salmonella typhi* presentó un valor cercano al umbral de significancia ($p = 0,0722$). Estos hallazgos refuerzan que la parte del vegetal utilizada influye en la eficacia antimicrobiana, especialmente frente a ciertas especies bacterianas, siendo las hojas generalmente más activas.

3.3. Evaluación de la eficacia del extracto etanólico de *Pelargonium zonale* L. (Geranio) en comparación con antibióticos estándar frente a las cepas patógenas seleccionadas.

Se evaluó la eficacia del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a cinco cepas bacterianas patógenas. Los halos de inhibición generados por el extracto se compararon con los producidos por el antibiótico estándar (cloranfenicol).

La eficacia relativa se calculó mediante el porcentaje de inhibición relativa (PIR), definido como: $PIR = (\text{Halo extracto} / \text{Halo antibiótico}) \times 100$.

Tabla 5. Comparación entre extracto de hojas y antibiótico.

Microorganismo	Conc. (%)	Halo extracto (mm)	Halo antibiótico (mm)	PIR (%)
<i>E. coli</i>	0,25	21,67	37,33	58,05
	0,50	25,33	37,33	67,85
	1,00	29,00	37,33	77,68
<i>K. pneumoniae</i>	0,25	22,67	29,00	78,17
	0,50	23,67	29,00	81,62
	1,00	28,00	29,00	96,55
<i>P. aeruginosa</i>	0,25	20,67	36,00	57,42
	0,50	25,00	36,00	69,44
	1,00	29,33	36,00	81,47
<i>S. typhi</i>	0,25	20,33	37,67	53,97
	0,50	25,67	37,67	68,15
	1,00	30,67	37,67	81,42
<i>S. aureus</i>	0,25	20,33	38,67	52,56
	0,50	26,00	38,67	67,20
	1,00	28,67	38,67	74,14

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

Interpretación

Los valores recalculados del porcentaje de inhibición relativa (PIR) mostraron que el extracto etanólico de hojas de *Pelargonium zonale* L. presentó una actividad antibacteriana moderada a alta, con eficacia relativa que osciló entre 52,56 % y 96,55 %, dependiendo de la concentración y del microorganismo evaluado. Se observó una tendencia clara y dosis-dependiente, en la que los valores de PIR aumentaron conforme se incrementó la concentración del extracto. Las cepas más sensibles fueron *Klebsiella pneumoniae* (PIR: 96,55 %) y *Salmonella typhi* (81,42 %) a concentración del 100 %. Por otro lado, los valores más bajos se registraron a concentraciones del 25 % frente a *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Estos resultados confirman que, aunque el extracto no iguala completamente al antibiótico estándar en términos absolutos, su efecto inhibitorio es relevante. Además, el hecho de que algunos valores de PIR superen el 80 % evidencia un potencial terapéutico que podría explorarse como alternativa o coadyuvante en el tratamiento de infecciones bacterianas.

Tabla 6. Comparación entre extracto de flores y antibiótico.

Microorganismo	Conc. (%)	Halo extracto (mm)	Halo antibiótico (mm)	PIR (%)
<i>E. coli</i>	0,25	25,00	37,33	66,98
	0,50	24,33	37,33	65,19
	1,00	30,00	37,33	80,37
<i>K. pneumoniae</i>	0,25	21,67	29,00	74,72
	0,50	21,33	29,00	73,55
	1,00	24,67	29,00	85,06
<i>P. aeruginosa</i>	0,25	24,67	29,33	84,13
	0,50	24,33	29,33	82,97
	1,00	28,00	29,33	95,46
<i>S. typhi</i>	0,25	25,00	39,33	63,56
	0,50	23,33	39,33	59,31
	1,00	26,67	39,33	67,81
<i>S. aureus</i>	0,25	21,00	38,67	54,31
	0,50	21,67	38,67	56,04
	1,0	24,67	38,67	63,80

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

Los valores de PIR calculados para el extracto etanólico de flores de *Pelargonium zonale* L. muestran una actividad antibacteriana variable, con porcentajes que oscilaron entre 54,31 % y 95,46 %, dependiendo de la concentración del extracto y del microorganismo evaluado. Se observó una tendencia dosis-dependiente, donde las concentraciones del 100 % presentaron los valores de PIR más elevados en la mayoría de cepas, especialmente en *Pseudomonas aeruginosa* (PIR: 95,46 %) y *Klebsiella pneumoniae* (85,06 %). Por el contrario, los valores más bajos se registraron frente a *Staphylococcus aureus* a concentraciones del 25 % (PIR: 54,31 %) y *Salmonella typhi* (59,31 %), lo que indica una menor eficacia en estas condiciones. Comparativamente, el extracto de flores mostró menor potencia antibacteriana que el de hojas, aunque sigue reflejando un efecto inhibitorio relevante. Estos resultados respaldan que, si bien las flores de *P. zonale* poseen compuestos activos, su concentración o composición podría ser menos eficiente que la encontrada en las hojas frente a determinadas cepas bacterianas.

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA	PORCENTAJE DE INHIBICION
Inactivo	< 55%
Poco activo	55 – 65 %
Moderadamente activo	66 -80 %
Buena actividad	> 80 %

Fuente: Protocolo de estudio de la actividad antibacteriana

Figura 10. Cuadro de porcentaje de inhibición

Figura 11. Comparación de los halos de inhibición frente a 5 cepas

Figuras. Comparativas de los halos de inhibición frente a las cinco cepas.

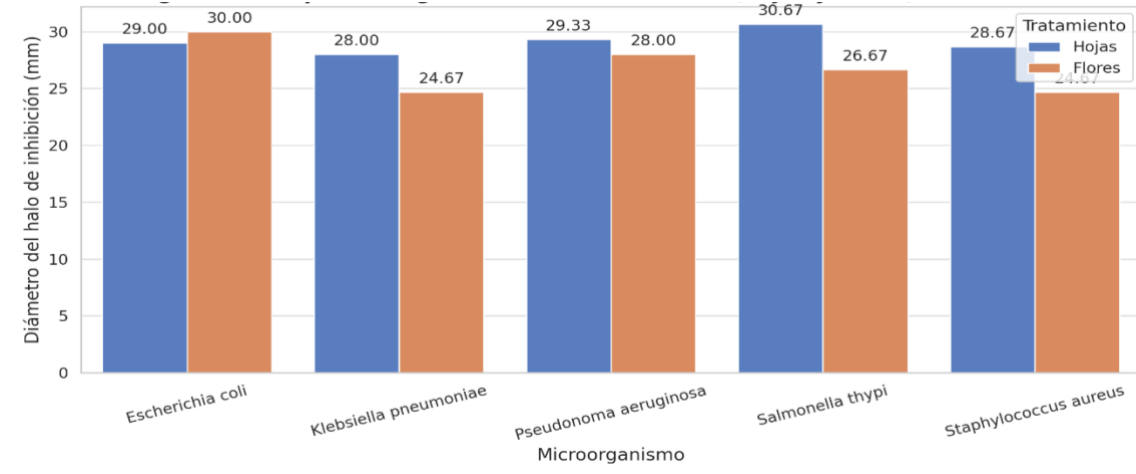


Figura 11. Comparación gráfica del halo de inhibición generado por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a cinco cepas patógenas, en comparación con el antibiótico cloranfenicol. Se muestra la concentración del 100 %. Los datos representan promedios del halo de inhibición en milímetros. Las barras indican la actividad relativa de cada tratamiento.

La figura compara gráficamente el halo de inhibición generado por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a cinco cepas bacterianas, en relación con el antibiótico cloranfenicol. A una concentración del 100 %, el extracto mostró actividad antibacteriana en todos los casos, siendo el extracto de hojas generalmente más eficaz que el de flores.

Los mayores halos se observaron frente a *Salmonella typhi* (30,67 mm) y *Pseudomonas aeruginosa* (29,33 mm) con el extracto de hojas, valores cercanos al halo generado por el antibiótico, lo que evidencia un efecto antimicrobiano notable. En contraste, el extracto de flores presentó halos menores en casi todas las cepas.

Estos resultados confirman una respuesta dependiente de la parte del vegetal utilizada, donde las hojas contienen una mayor concentración de compuestos con efecto inhibitorio. Además, el extracto demostró un comportamiento consistente frente a cepas Gram positivas y Gram negativas.

Resultados de las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk)

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar si los datos de halo de inhibición se ajustan a una distribución normal. El análisis se realizó por cada combinación

de microorganismo y grupo (extracto de hojas, flores y antibiótico), considerando significancia estadística cuando $p < 0.05$. Valores de p menores a 0.05 indican que los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 7. Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los halos de inhibición generados por los extractos de hojas, flores y antibiótico de *Pelargonium zonale* L. frente a cepas patógenas.

Microorganismo	Grupo	W (estadístico)	p-valor	¿Distribución normal?
<i>Escherichia coli</i>	Hojas	0,75	-0,0	No
	Flores	1,0	1,0	Sí
	Antibiótico	1,0	1,0	Sí
<i>Salmonella typhi</i>	Hojas	0,86	0,25	Sí
	Flores	0,75	-0,0	No
	Antibiótico	1,0	1,0	Sí
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Hojas	1,0	1,0	Sí
	Flores	0,75	-0,0	No
	Antibiótico	1,0	1,0	Sí
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Hojas	0,75	-0,0	No
	Flores	1,0	1,0	Sí
	Antibiótico	1,0	1,0	Sí
<i>Staphylococcus aureus</i>	Hojas	0,75	-0,0	No
	Flores	0,75	-0,0	No
	Antibiótico	1,0	1,0	Sí

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

Interpretación

Los resultados indican que algunos grupos no cumplen con el supuesto de normalidad, como los datos del extracto de hojas en *Escherichia coli* y flores en *Salmonella typhi*. En otros casos, como el antibiótico frente a *Escherichia coli*, los datos se distribuyen normalmente. Debido a estos resultados, se recomienda complementar el análisis con pruebas no paramétricas para evitar conclusiones sesgadas.

Resultados – Prueba de Mann-Whitney U

Se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U para comparar las medianas de los halos de inhibición producidos por el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a los generados por el antibiótico estándar (cloranfenicol).

Tabla 8. Resultados de la prueba de Mann-Whitney U aplicada a las medianas de los halos de inhibición del extracto de *Pelargonium zonale* L. frente al antibiótico estándar.

Microorganismo	Comparación	Mediana Extracto	Mediana Antibiótico	P	¿Significativo?
<i>E. coli</i>	Hojas vs Antibiótico	30,0	37,0	0,0765	No
<i>E. coli</i>	Flores vs Antibiótico	30,0	37,0	0,0636	No
<i>S. typhi</i>	Hojas vs Antibiótico	29,0	35,0	0,2683	No
<i>S. typhi</i>	Flores vs Antibiótico	26,0	35,0	0,0765	No
<i>K. pneumoniae</i>	Hojas vs Antibiótico	28,0	29,0	0,3687	No
<i>K. pneumoniae</i>	Flores vs Antibiótico	25,0	29,0	0,0765	No
<i>P. aeruginosa</i>	Hojas vs Antibiótico	29,0	28,0	0,1642	No
<i>P. aeruginosa</i>	Flores vs Antibiótico	28,0	28,0	1,0	No
<i>S. aureus</i>	Hojas vs Antibiótico	28,0	36,0	0,0765	No
<i>S. aureus</i>	Flores vs Antibiótico	25,0	36,0	0,0765	No

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

Interpretación

Los resultados de la prueba de Mann-Whitney U indican que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los halos de inhibición generados por el extracto etanólico (tanto de hojas como de flores) y el antibiótico estándar (cloranfenicol) en ninguna de las cepas analizadas ($p > 0.05$). Aunque el antibiótico presentó, en general, medianas más altas en comparación con el extracto, estas diferencias no fueron lo suficientemente grandes como para alcanzar significancia estadística bajo un nivel de confianza del 95 %. Específicamente, en *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* se observó una diferencia consistente de 7 mm en la mediana entre el antibiótico y los extractos, pero sin respaldo estadístico significativo ($p = 0,0765$). Estos resultados sugieren que, en términos de mediana del halo de inhibición, la eficacia del extracto podría considerarse comparable a la del antibiótico en condiciones específicas, sobre todo cuando se usan altas concentraciones. No obstante, se recomienda interpretar estos hallazgos con precaución debido al tamaño limitado de la muestra ($n = 3$ por grupo), lo cual podría influir en la potencia estadística de la prueba aplicada.

3.4. Concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de *Pelargonium zonale* L. (Geranio) contra cada una de las cepas patógenas seleccionadas.

El objetivo fue determinar la concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a cinco cepas bacterianas patógenas. Se

utilizó el método de dilución en medio sólido, empleando 10 concentraciones progresivas del extracto desde 100 % hasta 0,39 %. La MIC se definió como la menor concentración que inhibió visiblemente el crecimiento bacteriano.

Tabla 9. Concentración mínima inhibitoria (MIC)

Microorganismo	Parte del extracto	MIC (%)	Equivalente (mg/ml)
<i>E. coli</i>	Hojas	12,50	125,0
<i>S. typhi</i>	Hojas	6,25	62,50
<i>K. pneumoniae</i>	Hojas	12,50	125,0
<i>P. aeruginosa</i>	Hojas	3,125	31,25
<i>S. aureus</i>	Hojas	6,25	62,50
<i>E. coli</i>	Flores	6,25	62,50
<i>S. typhi</i>	Flores	6,25	62,50
<i>K. pneumoniae</i>	Flores	12,50	125,0
<i>P. aeruginosa</i>	Flores	6,25	62,5
<i>S. aureus</i>	Flores	3,125	31,25

Fuente: Datos del proceso de recolección de información.

Interpretación

La Tabla 9 presenta los valores de concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de *Pelargonium zonale L.*, diferenciando entre hojas y flores, frente a cinco cepas bacterianas. Los valores obtenidos indican que la actividad antimicrobiana del extracto es variable según la cepa y la parte de la planta utilizada.

Se observó que el extracto de flores fue más eficaz que el de hojas frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, al presentar valores de MIC menores (6,25 % y 3,13 %, respectivamente). En cambio, frente a *Pseudomonas aeruginosa*, la mayor eficacia se observó en el extracto de hojas, con una MIC de 3,13 % frente a 6,25 % en flores. Para *Salmonella typhi*, ambos extractos mostraron la misma concentración inhibitoria mínima (6,25 %), y en el caso de *Klebsiella pneumoniae* también se reportaron valores equivalentes de MIC (12,5 %) en ambas partes.

Figura 7. Comparación de los valores corregidos de concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale L.* frente a cinco cepas bacterianas patógenas. Las barras indican el valor mínimo de extracto necesario para inhibir el crecimiento bacteriano, expresado como porcentaje.

Figura 12. Comparación final de la concentración mínima inhibitoria (MIC)

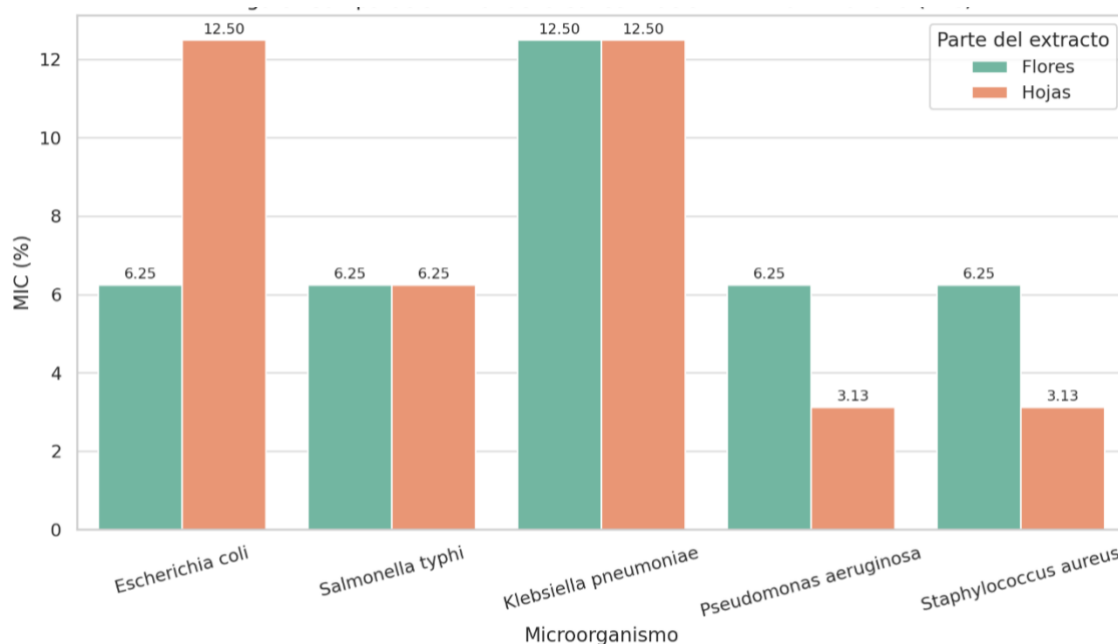


Figura 12. Comparación de la concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. frente a cinco cepas bacterianas. Se observa que las hojas presentan MIC menores (mayor potencia) en *Pseudomonas aeruginosa*.

Interpretación

Se observa que el extracto de hojas resultó ser más eficaz frente a *Pseudomonas aeruginosa*, al igual que el extracto de flores resultó ser más eficaz frente a *Staphylococcus aureus* al requerir concentraciones significativamente menores para inhibir el crecimiento microbiano. En contraste, *Klebsiella pneumoniae* y *Salmonella typhi* mostraron una sensibilidad similar tanto al extracto de hojas como de flores, con MIC iguales o cercanas a 12,5 %. Estos resultados evidencian una variabilidad en la susceptibilidad bacteriana frente a los compuestos bioactivos presentes en las diferentes partes de la planta. La mayor eficacia observada en el extracto de hojas y flores podría atribuirse a una mayor concentración o diversidad de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana. En conjunto, los datos respaldan el potencial del extracto hojas y flores de *P. zonale* como una alternativa natural con actividad antibacteriana diferencial según la cepa.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio son compatibles con los hallazgos de Celi y colaboradores (2024) en Ecuador, quienes notaron una notable actividad antibacteriana del *Pelargonium zonale* contra cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes a meticilina, sugiriendo que los flavonoides y quercetina podrían ser responsables del efecto observado. En nuestra investigación, se encontraron estos compuestos a través de un tamizaje fitoquímico, lo que refuerza la posible base bioquímica de la actividad antibacteriana.

Además, los hallazgos obtenidos frente a *Klebsiella pneumoniae* son coherentes con los de Zuta (2019) en Perú, quien documentó halos de inhibición mayores a 20 mm al emplear extracto de *Pelargonium hortorum*, otra especie relacionada, indicando actividad contra cepas con resistencia a múltiples antibióticos

En contraposición, a diferencia de lo indicado por Pedraza (2022), quien reportó mayor eficacia del aceite esencial contra *E. coli*, en esta investigación, el extracto de hojas presentó mayor efectividad contra *P. aeruginosa*. Esta discrepancia podría explicarse por la parte utilizada (flores versus hojas), el tipo de extracto (aceite esencial en lugar de etanólico) y el método de evaluación (paqueo frente a pozo de agar).

Por otro lado, García (2015) reportó una buena actividad del aceite esencial de *Pelargonium hortorum* contra *Pseudomonas aeruginosa*, siendo esto consistente con nuestros resultados, ya que el extracto etanólico de las hojas reveló una baja MIC ante esta cepa (3,125%).

Los resultados obtenidos demuestran que el extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. exhibe actividad antibacteriana significativa frente a patógenos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Este descubrimiento reitera el potencial terapéutico de esta planta ornamental, la cual ha sido tradicionalmente subutilizada en aplicaciones clínicas.

El análisis mediante el método de difusión en agar evidenció que los halos de inhibición aumentan a medida que se incrementa la concentración del extracto, mostrando así una relación dosis-dependiente. Las hojas demostraron mayor efectividad frente a *K. pneumoniae* y *S. aureus*, con diferencias estadísticamente notables ($p < 0.05$) de acuerdo con el test de Kruskal- Wallis. Este fenómeno podría atribuirse a una mayor presencia de metabolitos bioactivos, tales como taninos, terpenos, flavonoides y quinonas, que fueron identificados en el tamizaje fitoquímico. La comparación entre el extracto y el antibiótico de referencia (cloranfenicol) usando la prueba de Mann-Whitney. Uno mostró diferencias significativas en la mayoría de las cepas sugiriendo una eficacia comparable en ciertos contextos. En particular, el PIR (Porcentaje de Inhibición Relativa) superó el 80% en varias combinaciones de extracto y cepa, lo que respalda la idea de

que el extracto podría servir como una alternativa terapéutica complementaria.

En relación con la concentración mínima que inhibe el crecimiento bacteriano (MIC), se constató que el extracto de hojas mostró mayor efectividad contra *P. aeruginosa*, en tanto que el extracto de flores evidenció un rendimiento superior frente a *S. aureus*, ambos con una MIC de 3,125%. Estos resultados indican una notable actividad biológica, considerando que se empleó un extracto vegetal sin ningún proceso de fraccionamiento o purificación.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos (Celi et al., 2024; Zuta, 2019) que confirmaron la capacidad antibacteriana del género *Pelargonium*. Las variaciones entre las hojas y las flores subrayan la relevancia de tener en cuenta la parte de la planta que se utiliza, ya que la distribución de compuestos bioactivos no es uniforme.

Por lo tanto, esta investigación no solo respalda el uso histórico del geranio como planta terapéutica, sino que también lo posiciona como una prometedora fuente de compuestos antimicrobianos naturales, especialmente en un contexto donde la resistencia ha antibióticos es una amenaza creciente para la salud pública.

V. CONCLUSIONES

1. El extracto etanólico de las hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. mostró una actividad antibacteriana notable en condiciones de laboratorio frente a las cinco cepas patógenas analizadas, evidenciando su potencial como un agente antimicrobiano natural.
2. El efecto antibacteriano varía dependiendo de la parte de la planta utilizada; las hojas demostraron mayor efectividad contra *K. pneumoniae* y *S. aureus*, con variaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) al compararlas con las flores.
3. En su mayor concentración, el extracto etanólico alcanzó índices de PIR superiores al 80% ante varias cepas, mostrando efectividad comparable a la del antibiótico cloranfenicol en ciertos casos.
4. La concentración mínima que inhibe el crecimiento (MIC) fue de 3.125% para los extractos más eficaces, subrayando su notable potencia biológica, particularmente frente a *P. aeruginosa* (hojas) y *S. aureus* (flores).

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios *in vitro* adicionales con extractos fraccionados y purificados para identificar los compuestos específicos que contribuyen a la actividad antibacteriana, como la quercetina, los taninos y los terpenos oxigenados.
2. Llevar a cabo ensayos *in vivo* y pruebas toxicológicas preliminares para evaluar la seguridad y efectividad del extracto en modelos animales antes de considerar un uso clínico o farmacológico.
3. Fomentar investigaciones interdisciplinarias entre farmacognosia, microbiología y salud pública, que faciliten el desarrollo de fitofármacos a partir de *Pelargonium zonale* y lo posicionen como alternativa en la lucha contra la resistencia bacteriana.
- 4.. Promover el uso sostenible y racional de los recursos vegetales autóctonos y ornamentales, considerando su valor medicinal, sin poner en riesgo su conservación y biodiversidad.
5. Difundir los resultados en el ámbito académico y comunitario, para revalorizar el conocimiento etnobotánico local y promover un uso responsable de la fitoterapia como complemento a la medicina convencional.

VII. FUENTES DE INFORMACION.

1. La resistencia antimicrobiana pone en riesgo la salud mundial - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. www.paho.org. Available from: <https://www.paho.org/es/noticias/3-3-2021-resistencia-antimicrobiana-pone-riesgo-salud-mundial>
2. Plan Multisectorial para enfrentar la Resistencia a los Antimicrobianos 2019 - 2021 [Internet]. www.gob.pe. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/2342368-plan-multisectorial-para-enfrentar-la-resistencia-a-los-antimicrobianos-2019-2021>
3. Giovanna R, Olivo M, Corso A, Pasteran F, Albornoz E, Patricia Z. Resistencia a colistín mediado por el gen mcr-1 identificado en cepas de *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*. Primeros reportes en el Perú. Anales de la Facultad de Medicina [Internet]. 2018 Oct 9 [cited 2025 Jul 22];79(3):213–3. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832018000300004
4. Gallegos-Zurita M. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. Anales de la Facultad de Medicina [Internet]. 2016 Oct 1;77(4):327–32. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832016000400002
5. Manchego Enríquez, José, Karin S. Efecto antiinflamatorio del gel de *Pelargonium zonale* (geranio) en *Cavia porcellus* Linnaeus con gingivitis aguda. Essaludgobpe [Internet]. 2021 [cited 2025 Jul 22]; Available from: <https://repositorio.essalud.gob.pe/handle/20.500.12959/3938>
6. Celi D, Quiroz E, Beltrán-Noboa A, Machado A, Tejera E, Fernandez-Soto P. A chemical analysis of the *Pelargonium* species: *P. odoratissimum*, *P. graveolens*, and *P. zonale* identifies secondary metabolites with activity against gram-positive bacteria with multidrug-resistance. PLoS One. 2024 Jul 10;19(7):e0306637. Doi: 10.1371/journal.pone.0306637. PMID: 38985712; PMCID: PMC11236107.
7. Pedraza PR. Evaluación de la capacidad antimicrobiana de extractos de *Pelargonium graveolens* mediante el método de placas y pozos [Internet]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 2022 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/6228>

8. Pombo Ospina LM, Matulevich Peláez JA, Borrego-Muñoz P, Castrillón Cardona WF, Barajas Villamizar L. Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Pelargonium odoratissimum* (L) L'her (geraniaceae). Rev Fac Cienc Básicas [Internet]. 2016 [cited 2024 Apr 13];12(1):74–83. Available from:<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1856>
9. Camino X. Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico del *Pelargonium peltatum* (L.) L'Hér. frente a *Enterococcus faecalis* ATCC 29212TM [Internet]. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego; 2021 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/item/15622e09-7192-4f88-87ec-7db7af158fa8>
10. Tomas Vergara GJ. Efecto antiinflamatorio del gel elaborado a base de *Pelargonium zonale* frente a gingivitis aguda en *Cavia porcellus* [Internet]. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; 2021 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/14913/ANTIINFLAMATORIO_GEL_TOMAS_VERGARA_GEORGE_JOSHUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11. Zuta Arriola N. Efectividad antioxidante, antibacteriana y moduladora del extracto alcohólico de hojas de *Pelargonium hortorum* “Geranio” frente a *Staphylococcus aureus* de resistencia múltiple [Internet]. Callao: Universidad Nacional del Callao; 2019 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC_0d5d82d74cf8305b2cdd01fe0fcd323b/Details
12. García Llajaruna SP. Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de *Pelargonium hortorum* sobre las cepas de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 [Internet]. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego; 2015 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/1309>
13. Belsuzarri Victorio CD, Valderrama Castillo DW. Efectividad antibacteriana del extracto etanólico de *Pelargonium hortorum* L. H. Bailey frente a cepas de *Porphyromonas gingivalis* [Internet]. Huánuco (Perú): Universidad Nacional Hermilio Valdizán; 2015 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_11e878893fa7f3106392c82731709f18.
14. Guerrero Hurtado Juana del Carmen, Ortiz Rubio Zoila Mercedes, Peralta Berrospi Luis Fernando, Pérez Azahuanche Fredy Romel. Actividad antibacteriana de *Pelargonium peltatum* (L.) L'Hér. sobre *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* y *Streptococcus mitis* frente a clorhexidina. Rev Cubana Plant Med [Internet]. 2013 Jun [citado 2025 Ago 01]; 18(2):

- 224-236. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000200006&lng=es.
15. REDEXOS [Internet]. Gobiernodecanarias.org. 2020 [citado 2025 jun 20]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/cptss/sostenibilidad/biodiversidad/redexos/app/guide/species/pelargonium-zonale>
16. Pharysol. Pelargonium: ¿Qué es y qué beneficios tiene? – Pharysol [Internet]. Pharysol. 2020 [citado 2025 jun 21]. Disponible en: <https://www.pharysol.es/blog/pelargonium-que-es-y-que-beneficios-tiene/>
17. Kuklinski C. *Farmacognosia: estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural*. Barcelona: Ediciones Omega; 2000.
18. Nadiazg. ¿Cuáles son los principales terpenos y cuál es la importancia que tiene para el origen de la vida? [Internet]. 2012 [citado 2025 jun 21]. Disponible en: <https://nadiazg.wordpress.com/2012/04/06/cuales-son-los-principales-terpenos-y-cual-es-la-importancia-que-tiene-para-el-origen-de-la-vida/>
19. Quinonas [Internet]. LibreTexts Español. 2022 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: [https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Org%C3%A1nica/Libro%3A_Principios_B%C3%A1sicos_de_Qu%C3%ADmica_Org%C3%A1nica_\(Roberts_y_Caserio\)/26%3A_M%C3%A1s_sobre_Compuestos_Arom%C3%A1ticos/26.02%3A_Quinonas](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Org%C3%A1nica/Libro%3A_Principios_B%C3%A1sicos_de_Qu%C3%ADmica_Org%C3%A1nica_(Roberts_y_Caserio)/26%3A_M%C3%A1s_sobre_Compuestos_Arom%C3%A1ticos/26.02%3A_Quinonas)
20. Método de determinación de sensibilidad antimicrobiana por difusión [Internet]. 2012 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: https://antimicrobianos.com.ar/ATB/wp-content/uploads/2012/11/02-METODO_DE_DETERMINACION_DE_SENSIBILIDAD_ANTIMICROBIANA_POR_DIFUSION_2012.pdf
21. Jaramillo Briceño MR. Actividad antibacteriana del aceite esencial de *Schinus molle* L. frente a cepas de *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* y *Escherichia coli* [Internet]. Lima (Perú): Universidad Alas Peruanas; 2016 [citado 2025 jul 23]. Disponible en: https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1227/Tesis_Actividad_Antibacteriana_Aceite_Esencial.pdf
22. Sánchez-García E, Castillo-Hernández SL, García-Palencia P. Actividad antimicrobiana. En: Investigación en plantas de importancia médica [Internet]. 2016 sep 21. p. 77-100. Disponible en:

<https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/download/97/410/816-1?inline=1>

23. Gonelimali FD, Lin J, Miao W, Xuan J, Charles F, Chen M, et al. Antimicrobial properties and mechanism of action of some plant extracts against food pathogens and spoilage microorganisms. *Front Microbiol* [Internet]. 2018 Jul 24 [citado 2025 ago 1]; 9:1639. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.01639/full>
24. Aryal S. Mueller Hinton agar (MHA) – composition, principle, uses and preparation [Internet]. *Microbiology Info.com*. 2022 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://microbiologyinfo.com/mueller-hinton-agar-mha-composition-principle-uses-and-preparation/>
25. World Health Organization (WHO). *E. coli* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2018 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
26. *Staphylococcus aureus* - agentes biológicos - bacteria - Portal INSST [Internet]. Portal INSST. [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/bacterias/staphylococcus-aureus>
27. Ashurst JV, Truong J, Woodbury B. *Salmonella Typhi* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30085544/>
28. BC Centre for Disease Control. Typhoid fever (*Salmonella Typhi*) [Internet]. Bccdc.ca; 2019 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <http://www.bccdc.ca/health-info/diseases-conditions/typhoid-fever-salmonella-typhi>
29. CDC. *About Klebsiella* [Internet]. Centers for Disease Control and Prevention; 2024 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/klebsiella/about/index.html>
30. CDC. *About Pseudomonas aeruginosa* [Internet]. Centers for Disease Control and Prevention; 2024 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/pseudomonasaeruginosa/about/index.html>
31. Botanical-Online.com. Características de las maceraciones [Internet]. España: Botanical-Online; 2019 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/productos-naturales/preparaciones-maceraciones>.
32. Khan S, Mansoor S, Rafi Z, Kumari B, Shoaib A, Saeed M, et al. A review on nanotechnology: Properties, applications, and mechanistic insights of cellular uptake mechanisms. *J Mol Liq*. 2021 Nov;348:118008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.118008>

33. Moriarty TF, Poulsson AHC, Rochford ETJ, Richards RG. Bacterial adhesion and biomaterial surfaces. In: *Comprehensive Biomaterials II* [Internet]. Elsevier; 2017. p. 101–129. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317195626_48_Bacterial_Adhesion_and_Biomaterial_Surfaces
34. Halo de inhibición [Internet]. Scientist-site. [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://labdemicrobiologia.wixsite.com/scientist-site/blank-ch2nw>
35. Farmacèutica MJA O. ¿Qué es la fitoterapia? [Internet]. Farmaceuticonline; 2019 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.farmaceuticonline.com/es/fitoterapia-plantas-medicinales/>
36. Porcentaje D. Determinación del porcentaje de inhibición – ensayos de calidad – Yubs [Internet]. Clubensayos.com; 2014 [citado 2025 jul 25]. Disponible en: <https://www.clubensayos.com/Ciencia/DETERMINACION-DEL-PORCENTAJE-DE-INHIBICION/1562379.html>.
37. Gil M. Medios de cultivo: historia, función, tipos, preparación [Internet]. Lifeder; 2019 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/medios-de-cultivo/>
38. Metabolito secundario - AcademiaLab [Internet]. Academia-lab.com; 2015 [citado 2025 jul 25]. Disponible en: <https://academialab.com/enciclopedia/metabolito-secundario/>
39. Martínez Campos L, Porras González A. Lectura interpretada del antibiograma [Internet]. Guía-ABE. Infecciones en Pediatría; 2021 Jun 20 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://www.guia-abe.es/generalidades-lectura-interpretada-del-antibiograma>.
40. De la Torre Villar E, Navarro R. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill; 1987 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: https://www.academia.edu/40472573/Metodologia_de_la_investigacion_Ernesto_de_la_Torre_Villar_Ramiro_Navarro
41. JP Consultoría. ¿Qué son los niveles de investigación? [Internet]. JP Consultoría; 2024 [citado 2025 ago 1]. Disponible en: <https://jpconsultoriatesis.com/blog/los-niveles-de-investigacion-para-la-tesis/>
42. Miranda M, Cuellar A. *Manual de prácticas de laboratorio: farmacognosia y productos naturales*. 1ª ed. La Habana (Cuba): Universidad de La Habana; 2000. p. 1, 34-50.
43. Miranda M, Cuéllar A. *Farmacognosia y productos naturales*. La Habana (Cuba): Universidad de La Habana; 2012.

44. Murray PR, Rosenthal KS, Pfaller MA. *Medical Microbiology*. 2ª ed. España: Harcourt Brace Jovanovich; 1997. Disponible en: <https://www.berri.es/pdf/MICROBIOLOG%C3%8DA%20M%C3%89DICA%20%28Libro%20%2B%20eBook%29/9788491138082>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Certificación botánica

CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA
INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS
BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

El Biólogo. Que, suscribe ha determinado que, la muestra biológica presentada por la egresada en Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” **FLORES QUENTA, KAROL VANESSA**, con DNI N°71824818, para su clasificación taxonómica, pertenece al nombre científico de *Pelargonium zonale* L. “geranio”, según Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist, (1988).

REINO: PLANTAE

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

ORDEN: GERANIALES

FAMILIA: GERANIACEAE

GÉNERO: *Pelargonium*

ESPECIE: . *Pelargonium zonale* (L) L`Hér.

N.V. “geranio”

Se emite la presente certificación a solicitud del interesado para fines de estudio.

Ica, 04 de noviembre 2024


Dr. Miranda Huamán David Máximo
BIÓLOGO
CBP. 3681

Anexo 2: Autorización del uso de laboratorio de microbiología



CENTRO DE INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y ASESORÍA

F.F. 15-01-2016. Urb. Los Viñedos d-21 Ica-Perú.

CICA

EL QUE SUSCRIBE, DIRECTOR DEL "CENTRO DE INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y ASESORÍA" (CICA), otorga la:

AUTORIZACIÓN

A la Srta. **FLORES QUENTA KAROL VANESSA**, quien ha sido aceptada y autorizada para realizar su tesis en el laboratorio de Microbiología del **CENTRO DE INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y ASESORÍA (CICA)**, entre febrero a junio del 2025, cuyo título es: "**Actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L (Geranio) frente a cepas patógenas: en el CICA- Ica 2025**", a quien se le recomienda cumplir con responsabilidad y dedicación las actividades consideradas en su trabajo para no interferir con las actividades de otros tesisistas.

Ica, 18 de febrero de 2025




Blgo. Luis Antonio Cartagena Sigas
CBP 2434
DIRECTOR del CICA



Anexo 3: Autorización del uso de laboratorio de Farmacognosia



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



CARTA DE AUTORIZACION

Vista la solicitud de la Srta. FLORES QUENTA, KAROL VANESSA, autor del proyecto de Investigación titulado "Actividad antibacteriana del extracto etanólico de las hojas y flores de Pelargonium zonale L. (Geranio) frente a cepas patógenas: estudio en el CICA – Ica 2025. en la cual pide autorización correspondiente para utilizar los ambientes del laboratorio n° LA50; del Departamento de Ciencias Farmacéuticas, esta Dirección autoriza el uso del mencionado Laboratorio para los fines solicitados debiendo coordinar con el responsable de Inventario del laboratorio la Dra. FRANCO SOTO ESTHER OBDULIA; para fijar el horario, correspondiente.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para manifestarle los sentimientos de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
Departamento de Ciencias Farmacéuticas

Dr. Jaime David Torres Levano
DECANO (a)

Anexo 4: Matriz de consistencia

Actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de *Pelargonium zonale* L. (Geranio) frente a cepas patógenas: estudio en el CICA- Ica 2025.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGIA
¿Cuál es la actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) frente a diferentes cepas patógenas: estudio en el CICA- Ica 2025?	Evaluar la actividad antibacteriana del extracto etanólico de hojas y flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) frente a diversas cepas patógenas: estudio en el CICA- Ica 2025	El extracto etanólico de hojas y flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) exhibe actividad antibacteriana significativa frente a las cepas patógenas estudiadas.	VARIABLE DEPENDIENTE Parte de planta utilizada: -Hojas y flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio). -Concentración del extracto etanólico aplicado.	Población vegetal: Especie vegetal <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio). Población bacteriana: Escherichia coli. Staphylococcus aureus. Salmonella thypi. Klebsiella pneumoniae. Pseudomonas aeruginosa.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE Actividad antibacteriana medida a través de: -Diámetro de la zona de inhibición del crecimiento bacteriano. - MIC necesaria para inhibir el crecimiento de las cepas patógenas.	Muestra: Hojas y flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) Tipo: Aplicada. Nivel: Explicativo. Diseño: Experimental.
¿Qué diferencias existen en la actividad antibacteriana entre los extracto etanólico de las hojas y las flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) frente a cepas patógenas específicas?	Comparar la actividad antibacteriana de los extracto etanólico obtenidos de las hojas y flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) frente a cepas patógenas seleccionadas.	El extracto etanólico de las flores de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) exhibe una mayor actividad antibacteriana frente a las cepas patógenas seleccionadas en comparación con el extracto de las hojas.		
¿Cómo se compara la eficacia del extracto etanólicos de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) con antibiótico estándar en el tratamiento de las cepas patógenas seleccionadas?	Evaluar la eficacia del extracto etanólico de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) en comparación con antibiótico estándar frente a cepas patógenas seleccionadas.	El extracto etanólico de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) muestra una eficacia antibacteriana igual o mayor a la del antibiótico estándar frente a las cepas patógenas seleccionadas.		
¿Cuál es la concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) necesaria para inhibir el crecimiento de cada una de las cepas patógenas estudiadas?	Determinar la concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto etanólico de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) contra cada una de las cepas patógenas seleccionadas.	El extracto etanólico de <i>Pelargonium zonale</i> L. (Geranio) presenta una concentración mínima inhibitoria (MIC) Efectiva para inhibir el crecimiento de las cepas patógenas estudiadas, con variaciones según la cepa específica.		

Anexo 5. Métodos realizados



Figuras 13. **Recolección del material vegetal:** Hojas y Flores de Geranio



Figura 14. **Selección del material vegetal:** Hojas y Flores de Geranio



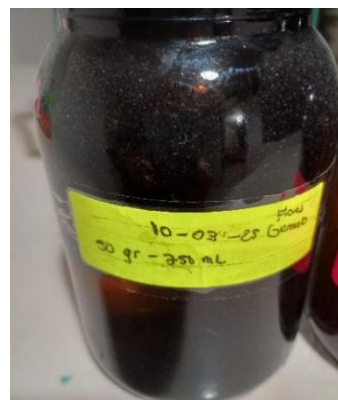
Figuras 15 **Secado del material vegetal:** Hojas y Flores de Geranio



Figura 16. **Molienda del material vegetal:** Hojas y Flores de Geranio



Figuras 17. **Pesado del material vegetal:** Hojas y Flores de Geranio



Figuras 18. **Macerado del material vegetal:** Hojas y Flores de Geranio



Figura 19. Filtración del macerado: Hojas y Flores de Geranio

Anexo 6. Identificación de metabolitos:



Figura 20. Flavonoides: Ensayo Shinoda



Figura 21. Taninos: Ensayo cloruro férrico

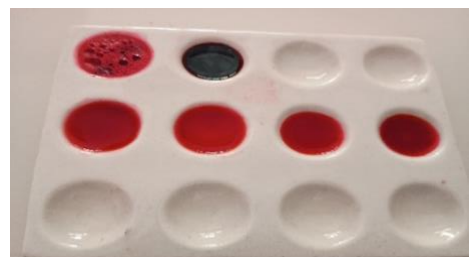


Figura 22. **Alcaloide:** Ensayo Dragendorff, Mayer y Wagner



Figura 23. **Triterpenos:** Ensayo Lieberman – Buchard



Figura 24. **Quinonas:** Ensayo - Borntrager



Figura 25. **Saponina:** Ensayo de espuma

Anexo 7. Equipos utilizados

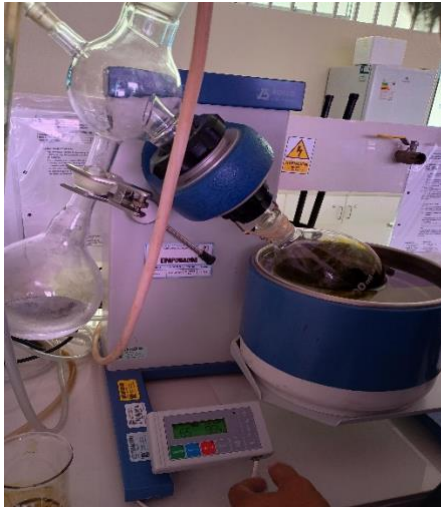


Figura 26. Extracción del alcohol a equipo rota vapor: Hojas y Flores de Geranio



Figura 27. Secado del extracto a baño María: Hojas y Flores de Geranio



Figura 28. **Extracto seco:** Hojas y Flores de Geranio

Anexo 10. Procedimiento experimental

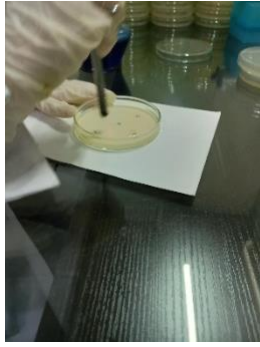
Figuras 29. PREPARACION DE LAS MUESTRA PARA EL MÉTODO DE DIFUSIÓN Y DILUCIÓN





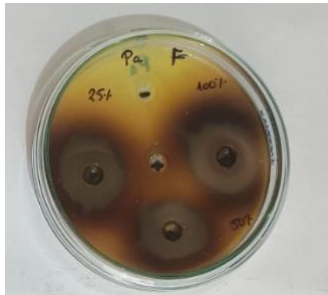
Figuras 30. MÉTODO DE DIFUSION: POR EXCAVACIÓN DE POZOS.



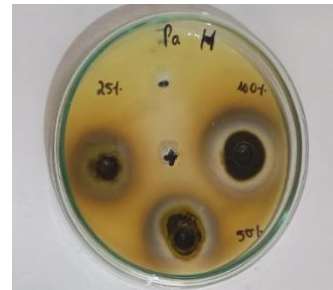


Figuras 31. Resultados: Medición de los halos de hojas, flores y antibiótico

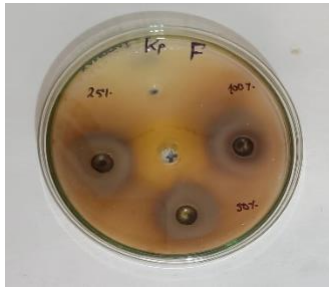
Pseudonoma aeruginosa – Flores



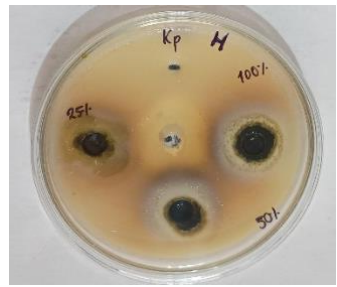
Pseudonoma aeruginosa – Hojas



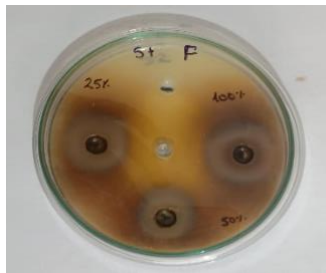
Klebsiella pneumoniae – Flores



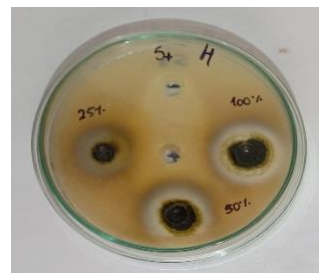
Klebsiella pneumoniae – Hojas



Salmonella typhi – Flores



Salmonella typhi – Hojas



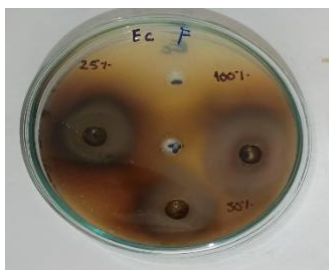
Staphylococcus aureus – Flores



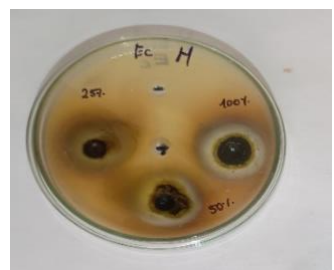
Staphylococcus aureus – Hojas



Escherichia coli – Flores



Escherichia coli – Hojas



Figuras 32. MÉTODO DE DILUCIÓN

Hojas

Staphylococcus aureus – Hojas



Concentración mínima bactericida



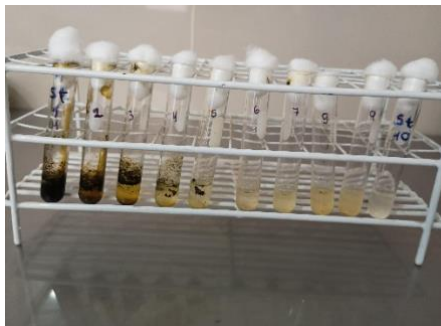
Escherichia coli – Hojas



Concentración mínima bactericida



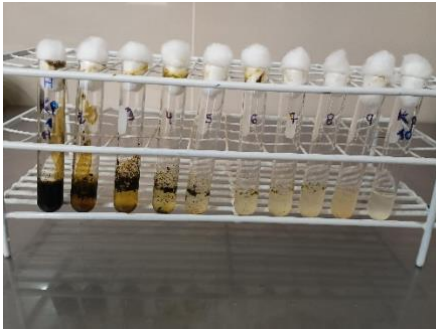
Salmonella typhi – Hojas



Concentración mínima bactericida



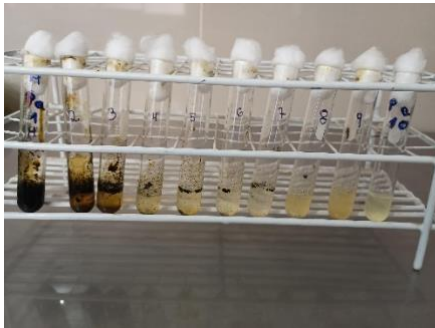
Klebsiella pneumoniae – Hojas



Concentración mínima bactericida



Pseudomonas aeruginosa – Hojas

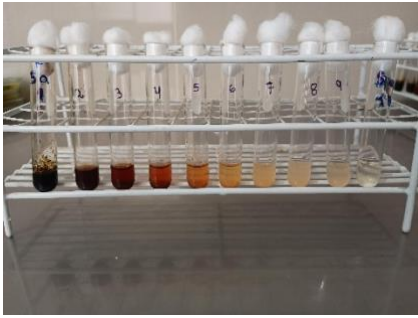


Concentración mínima bactericida

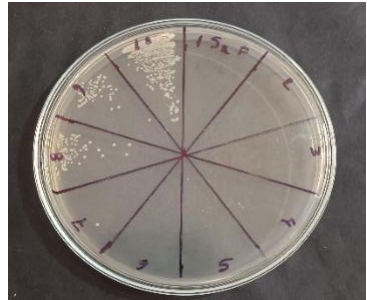


Flores

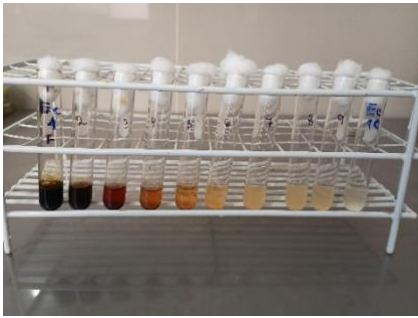
Staphylococcus aureus – Flores



Concentración mínima bactericida



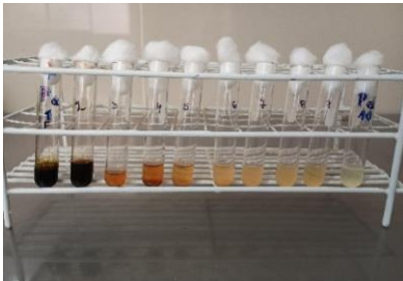
Escherichia coli – Flores



Concentración mínima bactericida



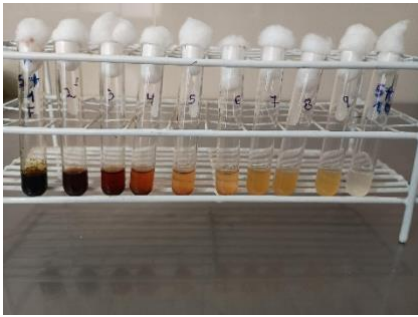
Pseudomonas aeruginosa – Flores



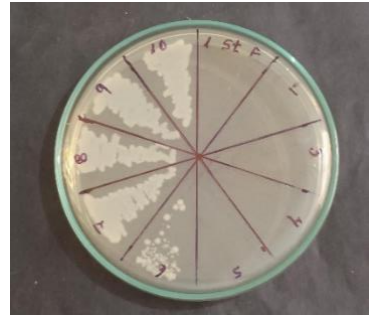
Concentración mínima bactericida



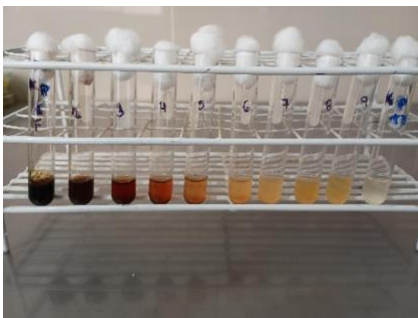
Salmonella typhi – Flores



Concentración mínima bactericida



Klebsiella pneumoniae – Flores



Concentración mínima bactericida

