



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Medicina Veterinaria

Tema:

EVALUACIÓN IN-VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Plectranthus Amboinicus* CONTRA ENTEROBACTERIAS

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera Medicina Veterinaria.

Autores:

Luis Andrés Jiménez López

Gilmar Steven Sangucho Moreno

Tutor:

Dr. Franklin Román Cárdenas. MSc.

Guaranda – Ecuador

2025

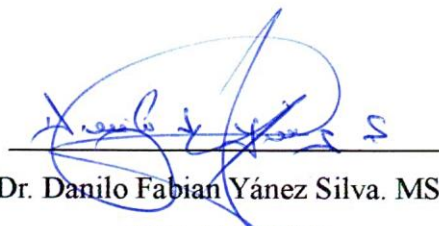
EVALUACIÓN IN-VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Plectranthus*
Amboinicus CONTRA ENTEROBACTERIAS

REVISADO Y APROBADO POR



Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas. MSc.

TUTOR



Dr. Danilo Fabian Yáñez Silva. MSc.

PAR LECTOR



Dr. Edison Rivelino Ramón Curay. MSc.

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Jiménez López Luis Andrés , con CI 1704070017, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Jiménez López Luis Andrés

CI : 1704070017



Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.

CI: 1103065072



DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N° 20250201004P00905

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO Y
LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ.
CUANTÍA: INDETERMINADA

Di 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy miércoles a un día del mes de octubre del año dos mil veinticinco, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, el señor **GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO Y LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ**, ambos por sus propios y personales derechos, en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil solteros, de ocupación ambos estudiante, domiciliados el primero en la parroquia Santo Domingo, Cantón Santo Domingo, provincia Danto Domingo de los Tsáchilas y de paso por este cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, con número celular cero nueve ocho cinco nueve siete dos siete ocho cinco; y, con correo electrónico gsangucho@mailes.ueb.edu.ec; y, domiciliado el segundo en la parroquia Huachi, cantón Ambato, provincia Tungurahua y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con número celular cero nueve seis cero dos cuatro cuatro ocho cero tres; y, con correo electrónico luisjimenez@mailes.ueb.edu.ec, ambos hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a los cuales obtengo las certificaciones biométricas del Registro Civil. Los comparecientes me autorizan de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodio es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legítimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de los comparecientes adjunto sus documentos personales como son cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, bien instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotros: **GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO Y LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ**, declaramos bajo juramento que: los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: **EVALUACIÓN IN - VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Plectranthus Amboinicus* CONTRA ENTEROBACTERIAS**". Autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de lo que contiene la obra, con fines estrictamente académicos o de investigación expuestos en el mismo. En el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y Medio Ambiente. - Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy Fe. -----


SR. GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO.
C.C. 2350329344


SR. LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ.
C.C. 1804010017


DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Sangucho Moreno Gilmar Steven , con CI 2350329344, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Sangucho Moreno Gilmar Steven

CI : 2350329344



Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.

CI: 1103065072

ESCRITURA N° 20250201004P00905

DECLARACIÓN JURAMENTADA


OTORGAN:

GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO Y
LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ.
CUANTÍA: INDETERMINADA

Di 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy miércoles a un día del mes de octubre del año dos mil veinticinco, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA**, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, el señor **GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO Y LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ**, ambos por sus propios y personales derechos, en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil solteros, de ocupación ambos estudiante, domiciliados el primero en la parroquia Santo Domingo, Cantón Santo Domingo, provincia Danto Domingo de los Tsáchilas y de paso por este cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, con número celular cero nueve ocho cinco nueve siete dos siete ocho cinco; y, con correo electrónico gsangucho@mailes.ueb.edu.ec; y, domiciliado el segundo en la parroquia Huachi, cantón Ambato, provincia Tungurahua y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con número celular cero nueve seis cero dos cuatro cuatro ocho cero tres; y, con correo electrónico luisjimenez@mailes.ueb.edu.ec, ambos hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a los cuales obtengo las certificaciones biométricas del Registro Civil, Los comparecientes me autorizan de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodio es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legítimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de los comparecientes adjunto sus documentos personales como son cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, bien instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotros: **GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO Y LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ**, declaramos bajo juramento que: los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: **EVALUACIÓN IN - VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Plectranthus Amboinicus* CONTRA ENTEROBACTERIAS**". Autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de lo que contiene la obra, con fines estrictamente académicos o de investigación expuestos en el mismo. En el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y Medio Ambiente. - Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy Fe. -----


SR. GILMAR STEVEN SANGUCHO MORENO.
C.C. 2330329344


SR. LUIS ANDRES JIMENEZ LOPEZ.
C.C. 1804070017


DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



Luis Andrés Jiménez López Gilmar Steven Sanguch...

TESIS-MV-SANGUCHO-JIMÉNEZ.pdf

 2025

 2025

 Universidad Estatal de Bolívar

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:506540032

95 páginas

Fecha de entrega

1 oct 2025, 3:43 p.m. GMT-5

14.990 palabras

Fecha de descarga

1 oct 2025, 5:29 p.m. GMT-5

87.143 caracteres

Nombre del archivo

TESIS-MV-SANGUCHO-JIMÉNEZ.pdf

Tamaño del archivo

2.8 MB



TUTOR

Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.

CI: 1103065072



6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 14 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
13 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



TUTOR

Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.
CI: 1103065072

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo investigativo a mis padres, quienes, con su constante apoyo, me han permitido llegar a este punto de mi vida y acompañarme siempre en mi formación académica.

A Dios, por brindarme la sabiduría para poder tomar decisiones acertadas y alcanzar este logro que me acerca a mi meta profesional. Del mismo modo le pido me dé la resiliencia para mantener esta pasión y seguir adelante, aún frente a los tropiezos que aparezcan en mi camino

Jiménez López Luis Andrés

DEDICATORIA

Quiero dedicar la presente investigación a Dios, a mis padres, hermanos, abuelos y seres queridos que me han apoyado día a día en lo largo de este proceso, ayudándome a prepararme mentalmente para no decaer y seguir avanzando. De igual forma a mi esposa e hijo, que me han acompañado durante esta trayectoria, a mis compañeros y amigos que sin duda me han dado su apoyo moral.

Finalmente, a todos los docentes que han sido parte de mi preparación profesional y que me han brindado el conocimiento necesario para poder dedicarme a realizar este trabajo.

Sangucho Moreno Gilmar Steven

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la perseverancia y la pasión para llevar a cabo este proyecto y así ejercer mi vocación profesional.

A mi familia, sobre todo a mis padres, María López y Luis Jiménez, por darme todo su respaldo al permitirme acceder a la educación. También a mis hermanos: Tatiana, Fernando, Andrea y Doménica, quienes me han apoyado a lo largo de este proceso.

Agradezco a aquellos docentes que tuvieron la convicción, dedicación y pasión por su asignatura, me enseñaron y apoyaron en este proceso educativo. De igual forma aquellos compañeros, que en el transcurso se han convertido en mis amigos: Ámbar, Gilmar, Joseph, César, Diego, David y Belén, quienes en su momento me brindaron su ayuda durante la carrera y fuera de ella.

A los técnicos encargados de los laboratorios de preparación de muestras, de biomasa, de biología molecular y biotecnología de los laboratorios de investigación y vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar, por su experiencia y colaboración para ejecutar la parte técnica este trabajo.

Finalmente, agradezco a quienes, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este proyecto.

Jiménez López Luis Andrés

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios, por haberme mantenido con salud y bien para poder estar presente este día tan importante para mi vida, a mis padres; José Ignacio Sangucho e Hilda Mariela Moreno, que me han apoyado en todo esta trayectoria; a mi esposa Odalis Carpio Sisa e hijo Aziel Sangucho Carpio, quien ha sido mi motor de vida para poder culminar esta etapa profesional; a mi Tío, José Seney Herrera, por el apoyo constante que me ha brindado, de igual forma a mi hermano, Edwin Andrés Sangucho, por la guía profesional que me ha brindado en todo este proceso. Al nuestro tutor, Dr. Franklin Román Cárdenas, por el asesoramiento e importancia que le dedicó a nuestro proyecto de investigación. A mis amigos que me ha brindado la Universidad, y ahora colegas, Ambar, Anthony, Andrés, César, Diego, Joseph, Dayana y Kevin. A los técnicos encargados de los laboratorios de preparación de muestras, de biomasa, de biología molecular y biotecnología de los laboratorios de investigación y vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar por su desempeño y amabilidad otorgado para que la presente investigación haya sido realizada exitosamente.

Finalmente agradecer a todos los docentes, que han sido clave en la formación profesional mediante sus enseñanzas y consejos para nuestra vida profesional.

Sangucho Moreno Gilmar Steven

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Origen de <i>Plectranthus amboinicus</i>	6
2.1.1. Características botánicas	6
2.1.2. Características morfológicas	7
2.1.3. Componentes	8
2.1.4. Utilización	8
2.1.5. Usos medicinales	8
2.1.6. Beneficios.....	9
2.2. Métodos de extracción de aceite esencial.....	9
2.2.1. Destilación por arrastre de vapor.....	10
2.2.2. Cromatografía de gases	10
2.2.3. Aceite esencial.....	10
2.3. Actividad antibacteriana de monoterpenos fenólicos.....	11
2.3.1. Mecanismos de acción.....	11
2.3.2. Ubicación de los monoterpenos en la planta	12
2.4 Actividad antimicrobiana de monoterpenos	12

2.5. Actividad antimicrobiana de Sesquiterpenos	13
2.6. Factores necesarios para el cultivo y desarrollo bacteriano	13
2.7. Medio de cultivo agar nutritivo	13
2.8. Limitaciones de los medios de cultivo	14
2.9. Familia Enterobacteriaceae	14
2.10. Requerimientos nutricionales de enterobacterias	15
2.11. Enterobacterias más comunes.....	15
2.11.1. Escherichia coli	15
2.12.2. Salmonella.	16
2.11. Resistencia bacteriana frente antibióticos	18
2.12.1. Antibiótico Oxitetraciclina	18
2.12.2. Antibiótico Gentamicina	20
2.13. Concentración mínima inhibitorio.....	22
2.13.1. Procedimiento.....	22
2.13.2. Suspensión McFarland	22
2.13.3. Método de difusión en disco.....	22
2.13.4. Agar Mueller-Hinton.....	23
2.13.5. Técnica de Kirby-Bauer	23
2.13.6. Variables que afectan el resultado.....	23
CAPITULO III	24
3. MARCO METODOLÓGICO.....	24
3.1. Ubicación de la investigación.....	24
3.1.1. Localización de la investigación	24
3.1.2. Situación geográfica y edafoclimática.....	24
3.1.3. Zona de vida	24
3.2 Metodología.....	25

3.2.1. Material en estudio	25
3.2.2. Factores de estudio	25
3.2.3. Tratamientos	26
3.2.4. Descripción técnica del ensayo	27
3.2.5. Tipo de diseño experimental o estadística.....	27
3.2.6. Tipos de análisis	27
3.2.7. Métodos de evaluación y datos a tomarse	27
3.2.8. Manejo de investigación.....	29
3.2.8.1. Procedimiento.....	29
CAPITULO IV.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	35
4.1 Interpretación de resultados.....	35
4.1.1. Extracción de aceite esencial de <i>Plectranthus amboinicus</i>	35
4.1.2. Medición de halos de inhibición.....	36
4.1.3. Evaluación del diseño factorial AxB.....	39
4.1.4. Resultado de la resistencia bacterian.....	40
4.1.5. Resultado de concentración mínima inhibitoria.....	43
4.1.6. Resultado de análisis de compuestos volátiles mediante GC/MS.	46
4.2. Comprobación de la hipótesis	52
CAPITULO V	53
5.1. CONCLUSIONES.....	53
5.2. RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	67

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Características de <i>Plectranthus Amboinicus</i>	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica	16
Tabla 3. Clasificación Taxonómica.....	17
Tabla 4. Extracción de aceite esencial mediante método de destilación por arrastre a vapor.	35
Tabla 5. Resultados de halos de inhibición	36
Tabla 6. Análisis de Varianza (ANOVA) del diseño factorial A×B.	39
Tabla 7. Resistencia bacteriana por método: Tukey HSD.	40
Tabla 8. Diferencias estimadas entre los tratamientos.	41
Tabla 9. Relación de números usados con los tratamientos y factores.	41
Tabla 10. Concentración mínima inhibitoria frente a <i>E. Coli</i>	43
Tabla 11. Concentración mínima inhibitoria contra <i>Salmonella</i> entérica.	44
Tabla 12. Compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de <i>Plectranthus</i> <i>amboinicus</i>	47

.

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Promedios de halos de inhibición por tratamiento.....	37
Gráfico 2. Interacciones entre el tratamiento y halos de inhibición.....	39
Gráfico 3. Concentración mínima inhibitoria de aceite esencial contra E. coli. ..	43
Gráfico 4. Concentración mínima inhibitoria de aceite contra Salmonella entérica.....	44
Gráfico 5. Resultados de picos de compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de <i>Plectranthus amboinicus</i> mediante su tiempo de retención.....	46

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la Investigación

Anexo 2. Croquis del ensayo

Anexo 3. Resultados de análisis

Anexo 4. Bases de datos por tratamientos y exámenes realizados en los laboratorios de investigación y vinculación

Anexo 5. Fotografías del trabajo de investigación

Anexo 6. Fichas de recolección de datos

Anexo 7. Glosario de términos técnicos.

RESUMEN

La creciente resistencia bacteriana impulsa a buscar alternativas naturales con bondades antimicrobianas como el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*. En este estudio se evaluó su efecto in-vitro contra *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica* ATCC 14028 mediante difusión agar con pocillos, determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS). El aceite se obtuvo por destilación por arrastre a vapor, posteriormente se sometió a pruebas de sensibilidad y CMI. Los resultados del grupo control evidenció que la oxitetraciclina no inhibió el crecimiento bacteriano, a diferencia de la gentamicina que presentó halos con diámetros de 20 mm en promedio para *E. coli* y 17,75 mm en *Salmonella*. Por otro lado, el aceite esencial al 100% generó halos promedios de 19,25 mm y 19 mm para *E.coli* y *Salmonella* respectivamente, lo que demostró un efecto similar con la gentamicina. En cuanto al CMI se determinó en 10% para *E. coli* y 20% para *Salmonella*. El análisis de cromatografía (GC/MS) identificó compuestos bioactivos monoterpénicos y sesquiterpenos, asociados a la acción antimicrobiana presentes en las hojas. Estos hallazgos mencionados confirmaron el potencial antimicrobiano del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* ofreciéndose como una posible alternativa natural en el control de resistencias microbianas entéricas en medicina veterinaria.

Palabras Claves: Aceite esencial, *Plectranthus amboinicus*, resistencia bacteriana, *E coli*, *Salmonella*, CMI, GC-MS

SUMMARY

Growing bacterial resistance is driving the search for natural alternatives with antimicrobial properties, such *Plectranthus amboinicus* essential oil. This study evaluated its effect against *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Salmonella enterica* ATCC 14028 was evaluated using agar well diffusion, determination of the minimum inhibitory concentration (MIC), and gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS). The oil was obtained by steam distillation and subsequently subjected to sensitivity and MIC tests. The control group results showed that oxytetracycline did not inhibit bacterial growth, unlike gentamicin, which produced inhibition zones with average diameters of 20 mm for *E. coli* and 17.75 mm for *Salmonella*. In contrast, the 100% essential oil generated average zones of 19.25 mm and 19 mm for *E. coli* and *Salmonella*, respectively, demonstrating an effect similar to that of gentamicin. The MIC was determined to be 10% for *E. coli* and 20% for *Salmonella*. Chromatography analysis (GC/MS) identified bioactive monoterpene and sesquiterpene compounds associated with the antimicrobial action present in the leaves. These findings confirm the antimicrobial potential of *Plectranthus amboinicus* essential oil, offering a possible natural alternative for controlling enteric microbial resistance in veterinary medicine.

Keywords: Essential oil, *Plectranthus amboinicus*, bacterial resistance, *E coli*, *Salmonella*, CMI, GC-MS

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la resistencia bacteriana destaca como uno de los mayores desafíos a nivel global dentro de la medicina. Impulsando a la búsqueda de alternativas terapéuticas eficaces y accesibles. Una herramienta viable es el uso de plantas medicinales por propiedades antimicrobianas (Radomir et al., 2024).

En Ecuador se ha observado una creciente aparición de cepas bacterianas resistentes, comprometiendo la eficacia de antibióticos usados para tratamientos veterinarios (Villacís et al., 2020). Aumentando el interés por explorar recursos naturales como fuentes de compuestos bioactivos para el abordaje de enfermedades infecciosas.

En este enfoque las hojas de *Plectranthus amboinicus* representa una planta con un buen potencial terapéutico gracias a la presencia de metabolitos, que se ha demostrado, poseen una acción antimicrobiana (Cardona & Díaz, 2022).

Estos compuestos localizados en mayor concentración en las hojas ejercen su efecto mediante la alteración de la membrana celular y la inhibición de funciones metabólicas esenciales de la bacteria (Martínez et al., 2023).

Se ha demostrado que el aceite esencial posee un perfil bioactivo complejo, compuesto de terpenos, sesquiterpenos y compuestos oxigenados, lo que justifica su acción antimicrobiana (Monzote et al., 2020)

Por ello, la presente investigación implementó la utilidad de la planta mediante su composición química y actividad antimicrobiana, con el fin de potenciar su aplicación dentro del ámbito farmacológico en las distintas especies animales.

Al determinar su efectividad mediante pruebas de sensibilidad bacteriana y concentración mínima inhibitoria, aporta su conocimiento científico sobre su potencial antimicrobiano y aplicabilidad en la medicina veterinaria.

1.2. PROBLEMA

Las afecciones comunes en veterinaria son mayormente causadas por enterobacterias, principalmente *Escherichia coli*, *Salmonella entérica*, que han adquirido resistencia debido al uso constante de antibióticos comerciales, emergiendo cepas cada vez más resistentes, lo que podría afectar la eficacia de tratamientos comunes en veterinaria.

Frente a esta problemática, se optó por opciones terapéuticas de origen natural, a través del uso de plantas medicinales, con el potencial de acción antibacterial como lo es el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*, sin embargo, su efectividad podría depender de la concentración que se encuentre sus compuestos bioactivos como de la sensibilidad que presente la bacteria frente a dichas concentraciones.

En este marco se buscó alternativas seguras que ayudaron a reducir la dependencia masiva de antibióticos, con ello, la implementación del uso de plantas medicinales extrayendo su aceite esencial, sirvió como alternativa sustentable para crear una solución a su propiedad natural dentro de la productividad.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto in-vitro de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* contra enterobacterias.

1.3.2. Objetivos Específicos

Obtención del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*.

Analizar la sensibilidad de la bacteria ante el aceite esencial frente a oxitetraciclina 30 µg y gentamicina 10 µg como testigo.

Determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* frente a enterobacterias como *Escherichia coli* y *Salmonella entérica*.

1.4. HIPÓTESIS

H0: Los grupos bioactivos del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* no presenta diferencias significativas en su efecto antimicrobiano frente a enterobacterias como *Escherichia coli* y *Salmonella entérica*.

Ha: Los grupos bioactivos del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* si presenta diferencias significativas en su efecto antimicrobiano frente a enterobacterias como *Escherichia coli* y *Salmonella entércia*

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen de *Plectranthus amboinicus*

2.1.1. Características botánicas

Las plantas medicinales son un producto que se ha utilizado por mucho tiempo, siendo esta la base de la medicina verde o medicina natural comúnmente, lo cual ha aumentado su demanda global, lo que ha provocado un creciente interés en investigar sus propiedades terapéuticas para posibles afines farmacológicos que puedan servir dentro de la industria veterinaria (Radomir et al., 2024).

La planta medicinal comúnmente llamada oreganón (*Plectranthus amboinicus*), dentro de las zonas subtropicales de la región Interandina, pertenece al género *Coleus*, perteneciente a la familia *Lamiaceae*, lo cual, dicho género comprende alrededor de más de 200 especies (Vega et al., 2024).

Por ello, es una gran opción debido a sus valiosas características terapéuticas que se ha realizado (Caiminagua, 2021).

Tabla 1. Características de *Plectranthus Amboinicus*.

<i>PLECTRANTHUS AMBOINICUS</i>	
Familia	<i>Lamiaceae</i>
Género	<i>Coleus</i>
Nombres Vernaculares	Inglés: <i>Country borage, Indian borage</i>

Hindi: *Patta ajavayin, Patharchur*

Tamil: *Karpuravalli*

Kannada: *Karpurahalli*

Malayalam: *Kannikkurkka,
Panikkurkka*

Dominio

Eucariota

Filo

Espermatofita

Clase

Dicotiledóneas

Especie

Plectranthus amboinicus

Fuente: (Gundu, 2020).

2.1.2. Características morfológicas

Es considerado un arbusto con ligera tendencia a trepar o arrastrarse hacia demás plantas, en varias ocasiones puede llegar a medir a más de 1 metro de altura, esto depende del estado en el que se encuentre; su aroma es mucho más aromática, con un olor agradable y refrescante que el orégano común; sus tallos se presentan de una forma carnosa, y tienen un crecimiento de 30 a 90 cm; las hojas tienen características simples y oveadas con una punta afilada muy gruesas (Flores et al., 2021).

De acuerdo con su cultivo, es una planta de rápido crecimiento con escasez de semillas que crece muy bien bajo un ambiente drenado y semisombreado en zonas

tropicales y subtropicales, no obstante, también puede crecer en climas fríos dentro de macetas y lugares cerrados (Stefanaki & Van Andel, 2021).

2.1.3. Componentes

Su actividad antimicrobiana se debe gracias al thymol y p-cymeno, que son monoterpenos fenólicos y oxigenados, respectivamente, conocidos por sus actividades microbianas, ya que el thymol y el carvacrol, poseen la capacidad de desintegrar la membrana externa de bacterias gram negativas, como *E. coli*, *Salmonella sp* y *Pseudomonas sp* (Cardona & Díaz, 2022).

Dentro de la planta se ha encontrado diversos metabolitos secundarios de interés farmacológico, como alcaloides y terpenos. Los monoterpenos presentes se destacan por sus efectos antiinflamatorios y antioxidantes, mientras que los terpenos dentro de la medicina poseen propiedades antiespasmódicas y antitumorales, lo que comprueba su potencial protector frente a diversas enfermedades (López et al., 2023).

2.1.4. Utilización

Para obtener el principio activo de la planta se aprovecha tanto hojas como tallos, se ha comprobado que el fluido con etanol al 70% tiene propiedades antitusivas, mientras que solo las hojas obteniendo su aceite esencial tiene actividad antimicrobiana (Mendoza & Cordova, 2023).

2.1.5. Usos medicinales

A lo largo de los años se, ha hecho estudios sobre esta planta por sus diferentes aplicaciones prácticas en afecciones como el asma, catarros, epilepsias, siendo el aceite esencial extraído principalmente de los tallos ya que poseen mayores

cantidades (Acosta et al., 2020). Además de contar con propiedades carminativas, que ayudan a eliminar gases del tracto digestivo, las hojas se usan como antibacterial, expectorante, antitusivo y tratamiento de catarrros (Vargas et al., 2021).

2.1.6. Beneficios

Se podría afirmar que *Plectranthus amboinicus* no tiene efectos tóxicos sobre la salud. Según (Kumar & Kumar, 2020) se probó dosis toxicas en ratones de laboratorio sin demostrar efectos secundarios sobre el animal.

Por el contrario, debido a los avances científicos en los estudios farmacológicos de la planta se ha demostrado que tienen un efecto sinérgico sobre la toxicidad de los antibióticos hacia algunas cepas si se usa en combinación con ellos (Duarte et al., 2022). Siendo una fuente potencial para modificar la resistencia bacteriana, es decir hacer que las bacterias sean más susceptibles a medicamentos antibióticos.

La obtención de las hojas del oreganón deshidratadas incrementa la concentración de compuestos fenólicos totales y directamente actividad antioxidante, al someterlas a temperaturas mayores de 60 grados Celsius (Malpica et al., 2024). Al someter al estrés térmico a las hojas de la planta aumenta la concentración de compuestos con actividad antioxidante, por ende, ayuda a proteger la integridad celular disminuyendo la susceptibilidad de enfermedades degenerativas del cuerpo.

2.2. Métodos de extracción de aceite esencial

Los aceites esenciales son productos vegetales de carácter aceitoso aromático que contiene una mezcla compleja, por lo tanto, contiene múltiples propiedades, entre ella antimicrobiana (Pardo et al., 2023).

Sobre todo, en plantas que se caracterizan por un particular olor y color, esto suele determinar su diversidad de componentes, que por lo general contienen carbohidratos, monoterpenos, sesquiterpenos, terpenos y fenoles, entre otros (Gomez , 2023). Para la destilación del aceite esencial de plantas medicinales, existe diferentes métodos, esto va a depender el tipo de aceite que se desea obtener.

2.2.1. Destilación por arrastre de vapor

La destilación a vapor es un método usado para separar aceites deseados, se lo hace a partir del vapor que atraviesa el material vegetal establecido (Ruiz, 2020). De este modo los aceites esenciales son arrastrados, que posteriormente se condensa y al enfriarse da un resultado de un destilado líquido (Rozo, 2023).

2.2.2. Cromatografía de gases

La cromatografía de gases es un método utilizado debido a su alta capacidad de separación y a su notable sensibilidad en la detección de compuestos volátiles de los diferentes compuestos que se necesita, la separación se realiza en una fase gaseosa, debido a que impone ciertas limitaciones, principalmente relacionadas con la estabilidad térmica de las sustancias a analizar; esta técnica es aplicada principalmente a compuestos cuyo peso molecular es inferior a 1000 y que pueden resistir temperaturas de 400 °C (Corzo, 2019).

2.2.3. Aceite esencial

De acuerdo con Torres & Higuera, 2021, destacan que *“Definir con exactitud a los aceites esenciales no es una tarea sencilla debido a la heterogeneidad en su composición química y a la multitud de propiedades que se les han atribuido en*

diversas actividades humanas como las industrias farmacéutica, cosmética, veterinaria y pecuaria”.

Por ello, se considera que los aceites esenciales son sustancias que están formadas por diferentes compuestos, en donde se destaca los monoterpenos y sesquiterpenos, y en base a sus componentes, los aceites esenciales pueden utilizarse en industrias como perfumería, condimentarías y principalmente en la industria terapéutica debido a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Segura, 2022).

2.3. Actividad antibacteriana de monoterpenos fenólicos

2.3.1. Mecanismos de acción

Alteración de la membrana celular

Tanto el timol como el carvacrol tienen la capacidad de desintegrar la membrana externa de bacterias gramnegativas aumentando la permeabilidad de la membrana del citoplasma. Aunque su mecanismo de acción no está claro del todo, se ha hipotetizado que el timol se une a las proteínas de la membrana a través de enlaces de hidrogeno cambiando así su permeabilidad (Martínez et al., 2023).

Interacción con enzimas bacterianas

Los compuestos fenólicos tales como el timol y carvacrol, en su estructura química poseen núcleos aromáticos con un grupo hidroxilo polar, que puede establecer enlaces de hidrógenos con sitios activos de enzimas microbianas, alterando su conformación e inhibiendo funciones metabólicas esenciales de la bacteria (Santos de Lima. et al., 2020).

Efecto prooxidante

El grupo de los terpenoides tienen la capacidad de afectar la composición de ácidos grasos gracias a su naturaleza hidrofóbica atravesando significativamente los lípidos de las membranas celulares de las bacterias, este cambio causa fuga de iones y otros materiales celulares llevando a la muerte celular (Bhavaniramy et al., 2019).

Factores limitantes

Entre los factores que podrían limitar su uso o manipulación, destaca su toxicidad en dosis elevadas; sobre todo el timol ya que por vía oral a partir de 1000 mg/kg resulta tóxico. Otro aspecto a tener en cuenta es su volatilidad, ya que tienden a evaporarse durante el procesamiento, sobre todo por evaporación térmica (Cid Pérez et al., 2024).

2.3.2. Ubicación de los monoterpenos en la planta

Los componentes bioactivos de la planta se encuentran especialmente en las hojas de las plantas, esto actúa como un compuesto natural con funciones defensivas y de comunicación, el cual actúa como un agente antimicrobiano que reduce la filtración de agentes patógenos que puede dañar a la planta (Valencia & Quintero, 2022).

2.4 Actividad antimicrobiana de monoterpenos

El grupo de los monoterpenos es destacado por su capacidad antimicrobiana, siendo coadyuvantes con efectos sinérgicos con antibióticos contra resistencias bacterianas según estudios (Pereira et al., 2020).

2.5. Actividad antimicrobiana de Sesquiterpenos

Dentro de la composición en aceites esenciales extraídos de plantas se encuentra presente el grupo de sesquiterpeno abunda el β -cariofileno. El cual ha demostrado una potente actividad antimicrobiana con la capacidad de alterar la membrana bacteriana (Moo et al., 2020).

2.6. Factores necesarios para el cultivo y desarrollo bacteriano

El medio de cultivo es una preparación que puede estar tanto sólida como líquida, usada mayormente para el crecimiento de microorganismos en un laboratorio. Contiene nutrientes y condiciones fisicoquímicas óptimas para su desarrollo (Devika et al., 2021).

Por lo general los medios de cultivos están compuestos por una fuente de carbono (azúcares simples), una fuente de nitrógenos (proteínas o peptonas), minerales (sodio y potasio), vitaminas y por último amortiguadores de pH (Rodríguez et al., 2021). Estos son los recursos para realizar la biosíntesis de nuevos compuestos celulares, además es importante el control de la temperatura, pH y actividad del agua (Caycedo et al., 2021).

Para crear un ambiente que cubra las condiciones necesarias para el crecimiento bacteriano, se lo realiza a través de un medio de cultivo, en que contiene un agente gelificante llamado agar. La importancia de los cultivos radica en contener muestras para su investigación científica (Flores et al., 2023).

2.7. Medio de cultivo agar nutritivo

El agar nutritivo es un medio estándar en microbiología, diseñado para proporcionar los nutrientes requeridos para que una bacteria pueda desarrollarse dentro de un

entorno de laboratorio controlado. Los nutrientes que contiene son la fuente de aminoácidos (peptonas) y extractos de carne ya que contiene carbono, nitrógeno, vitaminas y minerales (Devika et al., 2021).

De acuerdo con el estudio de (De La Rosa et al., 2023), el agar nutritivo se prepara disolviendo 23 gramos de polvo en 1 litro de agua destilada, para luego calentarlo en punto de ebullición, se esteriliza en autoclave por 20 minutos, posteriormente se vierte en placas Petri y dejar solidificar a temperatura ambiente, siempre tratando de evitar la contaminación.

2.8. Limitaciones de los medios de cultivo

Aunque hay microorganismos que, a pesar de ser abundantes en la naturaleza, muchos no son estudiados mediante técnicas de cultivo tradicional en laboratorios, ya que aproximadamente 26 de 52 filos son cultivables (Lewis et al., 2021). Creando una limitante al momento de su estudio, lo que llevaría a la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de cultivo.

2.9. Familia Enterobacteriaceae

Su distribución es amplia encontrándose en lugares como: suelo, plantas, agua y tracto digestivo de animales. Cuenta con más de 50 géneros, de los cuales se ha logrado aislar 29 tipos de muestras del ser humano, determinando la diferencia entre agentes colonizadores patógenos comunes en el tracto gastrointestinal (Huanqui, 2023).

Estos bacilos son gran negativos, su tamaño oscila de 2 a 4 micras de longitud. Son microorganismos capaces de metabolizar glucosa y otros tipos de azúcares, sin

producir enzimas oxidativas. Aunque cuenten con diferentes tipos de géneros dentro del ámbito veterinario muchos de estos no tienen relevancia (Tocachi , 2023).

2.10. Requerimientos nutricionales de enterobacterias

Al ser capaces de fermentar glucosa, reducir nitratos y carecer de citocromo oxidasa, las enterobacterias metabolizan azúcares para producir energía en condiciones anaeróbicas, solo dependiendo de la fermentación y respiración anaeróbica, haciéndolos organismos versátiles que pueden obtener energía en diversos entornos, como antes mencionado tracto gastrointestinal (Ramírez, 2022).

2.11. Enterobacterias más comunes

2.11.1. Escherichia coli

Escherichia coli es una bacteria gramnegativa con forma de bacilo que fue descubierta por Theodor Escherich en 1885 que la clasificó dentro de la familia *Enterobacteriaceae*. Desde el nacimiento, esta bacteria coloniza el tracto gastrointestinal humano y, en la mayoría de los casos, convive de manera inofensiva en nuestro organismo, desempeñando un papel importante en la microbiota intestinal (Zhuang et al., 2024).

Sin embargo, no todas las cepas de *Escherichia coli* son inofensivas. Algunas pueden adquirir genes de virulencia a través de elementos genéticos móviles, lo que las convierte en patógenos capaces de causar diversas enfermedades, tanto intestinales como extraintestinales, en humanos y animales (Anjum et al., 2021).

Existen nueve cepas bien caracterizadas de *Escherichia coli*, entre los que se encuentran la *Escherichia coli* enteropatógeno (EPEC), la *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) y la *Escherichia coli* enterotoxigénica (ETEC), entre

otras. Estas variantes emplean diferentes factores de virulencia y mecanismos de patogénesis que les permiten adherirse, invadir células hospedadoras y producir toxinas dañinas para el organismo humano (Pakbin et al., 2021).

Tabla 2. Clasificación taxonómica

TAXONOMÍA ESCHERICHIA COLI	
Dominio	<i>Bacteria</i>
Reino	<i>Bacteria</i>
Filo	<i>Proteobacteria</i>
Clase	<i>Gamma proteobacteria</i>
Orden	<i>Enterobacteriales</i>
Familia	<i>Enterobacteriaceae</i>
Género	<i>Escherichia</i>
Especie	<i>Escherichia coli</i>

Fuente: (Ordoñez, 2015)

2.12.2. Salmonella.

Salmonella es un género de bacterias gram-negativas, anaerobias facultativas, estos microorganismos son móviles debido a la presencia de flagelos peritricos, con excepción de *S. gallinarum* y *S. pullorum*; posee un metabolismo oxidativo y fermentativo, produciendo ácido y, a menudo, gas durante la fermentación de glucosa y otros carbohidratos (Popa & Popa , 2021).

Salmonella se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, habitando el tracto gastrointestinal de mamíferos, aves, reptiles e insectos. Las infecciones por *Salmonella* en humanos suelen manifestarse como gastroenteritis, caracterizada por diarrea, fiebre y calambres abdominales, aunque también pueden causar enfermedades sistémicas como la fiebre tifoidea (Alba et al., 2023).

La transmisión se da por vía fecal-oral, a través del consumo de alimentos o agua contaminada, especialmente productos de origen animal como: huevos, carne de pollo y productos lácteos. La bacteria puede sobrevivir en los alimentos durante extensos períodos, e inclusive con mayor frecuencia en ambientes de refrigeración inadecuada (Erazo, 2023).

Tabla 3. Clasificación Taxonómica

TAXONOMÍA <i>SALMONELLA ENTERICA</i>	
Dominio	<i>Bacteria</i>
Reino	<i>Bacteria</i>
Filo	<i>Pseudomonadota</i>
Clase	<i>Gamma proteobacteria</i>
Orden	<i>Enterobacteriales</i>
Familia	<i>Enterobacteriaceae</i>
Género	<i>Salmonella</i>
Especie	<i>Salmonella entérica</i>

Fuente: (Parra, Durango, & Mattar, 2018)

2.11. Resistencia bacteriana frente antibióticos

Se ha identificado una resistencia antimicrobiana en *Salmonella*, sobre todo en animales de producción, donde es común el uso de sulfonamidas potenciadas, tetraciclinas, y cefalosporinas de tercera generación, lo que contribuye a la diseminación de genes resistentes (kerek et al., 2024).

2.12.1. Antibiótico Oxitetraciclina

Origen y estructura química

La oxitetraciclina pertenece al grupo de las tetraciclinas, el cual se ha obtenido por medio de la fermentación del hongo *Streptomyces rimosus*. Con una estructura química de un núcleo con cuatro anillos fusionados, de ahí su nombre, dicha estructura es fundamental ya que le otorga la capacidad de quedar iones divalentes brindando su acción antimicrobiana (Vasuntrarak, 2020).

Acción farmacológica

Su acción farmacológica radica en la inhibición de la síntesis proteica de la bacteria, al unirse a la subunidad 30s del ribosoma bacteriano, evitando la unión de aminoácidos y así detener la elongación de la cadena polipeptídica, por lo que su acción farmacológica es ser bacteriostática (Esther et al., 2024).

Farmacocinética

La oxitetraciclina tiene baja biodisponibilidad por vía oral, debido a que se ve afecta a los cationes como calcio, magnesio y hierro, presentes en el tracto gastrointestinal. Sin embargo, por vía parenteral tiene amplia distribución con concentraciones altas sobre todo en hígado, riñones y pulmones (Papich, 2020).

Su eliminación es mediante filtración glomerular, en otras palabras, por la orina, aunque en menor medida se elimina por la bilis y heces, manteniendo sus concentraciones hasta por 48 horas después de administrar el fármaco (Petkovi et al., 2020).

Farmacodinamia

La oxitetraciclina es de amplio espectro, pero su eficacia depende de las concentraciones plasmáticas dentro del organismo para alcanzar su valor mínimo inhibitorio de los patógenos, lo que se considera un factor crítico al momento de tratamientos infecciosos (Vasuntrarak, 2020).

Usos terapéuticos

Al ser un antibiótico de amplio espectro tiene la capacidad de ser utilizado en diferentes tipos de infecciones, usado en tratamientos para neumonías por *Pasteurella multocida* y *Manheimia haemolytica*, en infecciones urinarias, infecciones por *Mycoplasma* en porcinos (Osnayo, 2024).

Contraindicaciones

El uso de la oxitetraciclina está contraindicada en animales con hipersensibilidad a los antibióticos pertenecientes a su grupo, además no se aconseja usar en animales jóvenes y hembras gestantes, ya que altera la mineralización de los huesos y dientes. En pacientes con insuficiencia renal y hepática se debe usar dosis bajas (Márquez, 2023).

2.12.2. Antibiótico Gentamicina

Origen de gentamicina

La gentamicina es un antibiótico natural de origen bacteriano, producido por la cepa bacteriana de *Micromonospora purpurea*; la gentamicina es perteneciente al grupo de los aminoglucósidos el cual son mayormente utilizados contra diversas afecciones causadas por bacterias gramnegativas (Ehtiati & et al, 2023).

Mecanismo de acción

Actúa sobre las bacterias aeróbicas gramnegativas susceptibles, debido a la unión irreversible que presenta con la subunidad ribosomal 30s, lo cual inhibe la síntesis proteica mediante un transporte dependiente de oxígeno, presentando una acción bactericida que dependerá acorde a su concentración y se ve favorecida por un ambiente alcalino (Chaves & Tadi, 2023).

Farmacocinética

Absorción

Su absorción pasa directamente hacia la mucosa intestinal sana mediante su vía de administración oral, por lo general es lo que pasa con todos los antibióticos del tipo aminoglucósidos (B. Braun Medical S.A., 2024).

Distribución

Según la Ficha Técnica descrita por (B. Braun Medical S.A., 2024) nos determina que “*La distribución de la gentamicina en los distintos órganos da lugar a concentraciones tisulares variables; las mayores concentraciones aparecen en el*

tejido renal, por otro lado, las concentraciones más pequeñas se encuentran en el hígado, la vesícula biliar, el pulmón y el bazo”.

Metabolismo

La gentamicina dentro del organismo no es metabolizada, lo cual permite que sea excretada sin obtener cambios en la forma microbiológicamente activa según lo describe el (Ministerio del Poder Popular para la salud , 2022).

Eliminación

Su eliminación se da a través de la orina por filtración glomerular, lo cual no presenta distenciones dentro de su forma microbiológicamente activa (Ramos, 2023).

Reacciones adversas

Causa nefrotoxicidad por aumento de la concentración sérica de nitrógeno ureico, creatinina y nitrógeno no proteico; causa ototoxicidad que puede ser irreversible; puede presentar bloqueo neuromuscular, edema facial, dolor y neuropatía periférica (Chaves & Tadi, 2023).

Indicaciones terapéuticas

Según la ficha técnica descrita por (Agrovvetmarket animal health, 2025) la gentamicina combate infecciones del aparato genitourinario, respiratorio, gastrointestinal, útil además en tratamiento para mastitis y metritis bacterianas, infecciones cutáneas, infecciones postoperatorias, septicemias, endocarditis entre otras.

Contraindicaciones

Está contraindicado en pacientes que tengan alguna evidencia de hipersensibilidad a este grupo de fármacos, pacientes con preexistencia de problemas renales, No administrar en neonatos (Chaves & Tadi, 2023).

2.13. Concentración mínima inhibitorio

2.13.1. Procedimiento

De acuerdo con (Kowalska & Dudek, 2021), los métodos de dilución en agar, se colocan placas con caldo Mueller-Hinton (MHA), sobre el medio se coloca distintas concentraciones del antibiótico con diluciones seriadas como; 2,4,8 $\mu\text{g/ml}$, para luego inocular una suspensión bacteriana estandarizada a 0.5 McFarland, equivalente a 1.5×10^8 UFC/ml, la cual se diluye 10 veces para obtener 5×10^5 UFC por porción.

2.13.2. Suspensión McFarland

La suspensión de McFarland 0.5 sirve como estándar de referencia para ajustar la turbidez bacteriana en pruebas de sensibilidad y su principal función es que las suspensiones bacterianas alcancen una concentración reproducible de $\sim 1.5 \times 10^8$ UFC/ml obteniendo resultados confiables en el método disco-difusión en placas Mueller-Hinton (Biofile , 2021).

2.13.3. Método de difusión en disco.

El disco de difusión es una técnica simple que consiste el colocar el disco impregnado del principio activo deseado, generalmente antibiótico. Sin embargo, se puede agregar otras sustancias, como aceites esenciales. Luego se incuba placa a

una temperatura de 35 °C aproximadamente durante 16-18 horas, en este tiempo el contenido del disco se difunde en el agar creando un gradiente de concentración, mayor cerca del disco y disminuyéndose de forma gradual su contenido (Jenkins & Maddocks, 2019).

2.13.4. Agar Mueller-Hinton

Es un medio de cultivo estandarizado, utilizado para evaluar la sensibilidad de bacterias a distintas sustancias. Está compuesta de peptona, almidón y un medio gelificante, ya que está diseñada para garantizar resultados reproducibles al querer evaluar otras bacterias que sean objeto de estudio (Mohammed et al., 2022).

2.13.5. Técnica de Kirby-Bauer

Este método es usado para evaluar la sensibilidad antimicrobiana de bacterias. Consiste en colocar los discos impregnados con el principio activo sobre el medio de cultivo que se ha inoculado con anterioridad de la bacteria elegida, luego de una inoculación de 18 a 24 horas se miden los halos de inhibición al contorno del disco, determinando la sensibilidad o resistencia de esta (Torres & Montalvo, 2024).

2.13.6. Variables que afectan el resultado

Las variables que se podrían tomar en cuenta es el espesor y la composición del agar, la concentración y volumen del contenido impregnado del disco, estas son las principales que influyen en el diámetro que se obtendrá del halo, así mismo modificará su interpretación si una cepa es sensible, intermedia o resistente.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

3.1.1. Localización de la investigación

La presente investigación se efectuó en la provincia de Bolívar del cantón Guaranda en la Parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla dentro del Centro de investigaciones y vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.1.2. Situación geográfica y edafoclimática

La zona presentó una altitud de 2.608 m.s.n.m. con una latitud de -1.614378° y una longitud de -78.998339° , presentando una temperatura mínima de 10°C que puede llegar hasta 19°C , su precipitación media anual se aproxima a 1619 mm/año, por ello presenta una humedad relativa entre el 72% (Estación Meteorológica Laguacoto II. UEB 2021.)

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo con la investigación propuesta por el geólogo Holdridge 1971 indicó que *“con el sistema de clasificación de zonas de vida del hábitat distintivo, desde el punto de vista ecológico y en consecuencia un estilo de vida diferente. El sitio experimental corresponde a la formación de Estepa Espinozo montano bajo (E.e.m.b).”*

3.2 Metodología

3.2.1. Material en estudio

- Cepas de *Escherichia coli* ATCC
- Cepas de *Salmonella entérica* ATCC 14028
- Discos de inhibición de antibiótico Oxitetraciclina 30 µg (Testigo).
- Discos de inhibición de antibiótico Gentamicina 10 µg (Testigo).

3.2.2. Factores de estudio

Factor A

- **a1:** Disco de inhibición de antibiótico Oxitetraciclina 30 µg (Testigo).
- **a2:** Disco de inhibición de antibiótico Gentamicina 10 µg (Testigo)
- **a3:** Disco de infusión de aceite esencial al 50% de *Plectranthus amboinicus*.
- **a4:** Disco de infusión de aceite esencial al 100% de *Plectranthus amboinicus*.

Factor B

- **b1:** Cepa de *Escherichia coli* ATCC 25922
- **b2:** Cepa de *Salmonella entérica* ATCC 14028

3.2.3. Tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 + Disco de inhibición de antibiótico Oxitetraciclina 30 µg (Testigo).
T2	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922+ Disco de inhibición de antibiótico Gentamicina 10 µg (Testigo).
T3	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922+ Pocillo con aceite esencial al 50% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .
T4	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922+ Pocillo con aceite esencial al 100% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .
T5	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028+ Disco de inhibición de antibiótico Oxitetraciclina 30 µg (Testigo).
T6	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028+ Disco de inhibición de antibiótico Gentamicina 10 µg (Testigo).
T7	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028 + Pocillo con aceite esencial al 50% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .
T8	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028+ Pocillo con aceite esencial al 100% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .

Autor: Jiménez. L, & Sangucho.G, (2025).

3.2.4. Descripción técnica del ensayo

Para la siguiente investigación se considera tres características a tomarse según el experimento:

Tratamientos	8
Repeticiones	4
Número de unidades experimentales (aislados)	2
Número total de análisis	32

Autor: Jiménez. L, & Sangucho.G, (2025).

3.2.5. Tipo de diseño experimental o estadística

- Diseño factorial AxB
- Prueba de turkey al 5%

3.2.6. Tipos de análisis

- Análisis de varianza

3.2.7. Métodos de evaluación y datos a tomarse

Obtención del aceite esencial

Se obtuvo el aceite esencial mediante la técnica de destilación por arrastre de vapor, realizando un procedimiento de limpieza y selección que permite eliminar impurezas como polvo y cualquier material que no son necesarios.

Medición de halos de inhibición

Se midió los halos de inhibición del crecimiento bacteriano utilizando cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica* ATCC 14028, comparando la

efectividad según su concentración. Los halos de inhibición fueron medidos en milímetros (mm) e interpretados de la siguiente manera:

Tamaño del halo (mm)	Interpretación propuesta
≤ 8 mm	No eficiente/ sin efecto inhibidor
9–14 mm	Efecto inhibidor débil a moderado
≥ 15 mm	Muy eficiente/ fuerte efecto inhibidor
≥ 20 mm	Extremadamente eficiente / alta sensibilidad

Fuente: (Hulankova, 2024).

Concentración mínima inhibitoria (CMI)

Se evaluó la capacidad mínima inhibitoria del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* frente a *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica* ATCC 14028, como la menor concentración del aceite esencial en inhibir visiblemente el crecimiento bacteriano.

Resistencia bacteriana

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de halos de inhibición y CMI, se consideró que una cepa es resistente si el tratamiento es menor o igual a ≤ 8 mm.

Determinación de compuestos volátiles por Cromatografía de gases (GC-MS)

Se realizó la identificación de compuestos volátiles mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

3.2.8. Manejo de investigación

3.2.8.1. Procedimiento

Obtención del aceite esencial:

Se obtuvo el aceite esencial mediante la técnica de destilación por arrastre a vapor, se colocó 400 gr de hojas frescas de *Plectranthus amboinicus* en un balón de destilación de 3 cuellos, dentro de una manta de calentamiento a 200 °C (para obtener un calentamiento total del balón).

Se controló la temperatura mediante un termómetro de mercurio, el cual se estableció a 90 °C, añadiendo acoples para la unión de otro balón de destilación, colocado en otra manta de calentamiento, en donde se colocó 800 ml de agua destilada.

Por otro lado, se unió con un acople en forma de T, a un tubo refrigerante que desemboca a un vaso precipitado de 500 ml, que fue insertado en un tubo decantado para la separación del hidrolato y del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* por diferencias de densidades.

Envasado

Se envasó la cantidad extraída en mililitros del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* en un frasco de vidrio de color ámbar para evitar degradación de este y sus componentes.

Concentraciones de Aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*

Se realizó concentraciones del 50 % de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* planteado en nuestra metodología, se utilizó DMSO al 99.9% como diluyente, usando una relación de 1:1, colocando en un tubo ependor plástico de 1,5 ml. Se

utilizó 500 µl de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* y 500 µl de DMSO a 99.9%, donde se homogenizó la muestra en un Vortex aproximadamente por un minuto.

Preparación del inóculo en medio de cultivo:

Siembra de medios de cultivo para reactivación de cepas.

Se utilizó 1,50 gr de Nutrient Agar, con 50 ml de agua destilada en un frasco graduado de vidrio boca ancha con tapa y rosca de 50 ml, luego se homogenizó dando pequeñas rotaciones verticales, una vez mezclado se colocó en un Microondas por 60 segundos para poder disolver los sedimentos del Nutrient Agar dentro del frasco.

Se utilizó guantes térmicos para la manipulación del frasco de vidrio y trasladarlo a un Autoclave a una temperatura de 120 °C/20 minutos, transcurrido el tiempo, se trasladó a una Cámara de Bioseguridad tipo II, donde se dividió en dos cajas Petri plásticas.

Se esperó por 5 minutos para la gelificación del medio de cultivo y se pasó a refrigeración por 24 Horas para evitar contaminación.

Por último se reactivó los aislados bacterianos resguardados en el congelador a -20 °C, dejando a temperatura ambiente (22 °C) durante aproximadamente 15 minutos en una cámara de bioseguridad tipo II, donde pasó a ser inoculado en las placas con Nutrient-Agar para su proliferación.

Preparación del inóculo a una Turbidez de 0.5 en la escala McFarland.

Se ajustó la escala de turbidez para estandarizar la densidad bacteriana previo a la inoculación de los cultivos de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica*

ATCC 14028. Se usó como referencia visual un tubo McFarland Standard 0.5 reagent, equivalente a una densidad de 1.5×10^8 UFC/ml, garantizando así la uniformidad en la preparación del inóculo.

Inoculación de cepas en placas con agar Mueller-Hinton:

Se utilizó 72,5 gr de agar Mueller-Hinton con 1,825 ml de agua destilada distribuido en 4 frascos graduados de vidrio de 500 ml, luego se homogenizó dando pequeñas rotaciones verticales, una vez homogenizado se colocó en un microondas para poder disolver los sedimentos del agar Mueller-Hinton dentro del frasco.

Se utilizó guantes de protección de calor para colocar 4 frasco de 500 ml de agar Mueller-Hinton a un Autoclave a $120^{\circ}\text{C}/20$ minutos, una vez terminando de autoclavar, se trasladó a una cámara de bioseguridad tipo II para dividir en 34 cajas petri plásticas, las cuales 2 serán distribuidos para la cultivación de los medios para la concentración mínima inhibitoria (CMI).

Una vez transcurrido 5 minutos de reposo para que se gelifique los medios de cultivo, se pasó a refrigeración dentro de 24 Horas para evitar contaminación.

Método Kirby–Bauer

Para el método Kirby–Bauer, se utilizó discos de inhibición de Oxitetraciclina 10 μg y Gentamicina 30 μg como grupo testigo, llevando las cajas petri a una cámara de bioseguridad tipo II.

Se insertó los discos en medios de cultivo en espacios establecidos con ayuda de una pinza, realizando 4 réplicas dentro de un mismo medio, se utilizó el mismo proceso para los demás tratamientos, posterior, se trasladó a una incubadora por 24 horas a 35°C .

Difusión en pocillos:

Se empleó el método de difusión en agar mediante pocillos de 7 mm de diámetro realizados en placas con agar Mueller-Hinton. Ambas cepas bacterianas fueron inoculadas a través del extendido sobre la superficie del agar.

Posteriormente se depositó 50 µl del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*, tanto al 100% como al 50 %, para luego dejar incubando durante 24 horas en una incubadora a 35 °C.

Medición de halos de inhibición.

Se trasladó las placas previamente inoculadas con las cepas bacterianas y tratadas con el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* en sus diferentes concentraciones cámara de bioseguridad tipo II.

Se midió los diámetros de cada uno de los halos formados alrededor de los pocillos con ayuda de un pie de rey, en donde se determinó la resistencia y sensibilidad del microorganismo frente al aceite esencial *Plectranthus amboinicus* al 100% y 50%.

Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

Para determinar la concentración mínima inhibitoria, se realizó pocillos de 5 mm en placas de Mueller-Hinton, un total de 5 pocillos por placa. Se agregó 20 µl del aceite esencial *Plectranthus amboinicus* en concentraciones de 70 %, 50%, 30%, 20% y 10%, para después dejar en una incubadora a 35 °C durante 24 horas. Pasado el tiempo de incubación se midió los halos con un pie de rey.

Preparación de las concentraciones del aceite esencial.

Se usó diluyente DMSO al 99.9%, con una relación 1:1, colocando en un tubo Eppendorf de 1,5 ml, donde se desarrolló las concentraciones de la siguiente

manera: 70% (700 µl de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*) + 300µl DMSO), 50 % (500 µl de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*) + 500µl DMSO), 30% (300 µl de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*) + 700 µl DMSO), 20% (200 µl de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*) + 800 µl DMSO) y 10% (100 µl de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*) + 900 µl DMSO), luego se homogenizó la muestra en un Vortex.

Análisis cromatográfico:

Preparación de la muestra de aceite esencial.

Se filtró la muestra de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* con una jeringa de insulina para pasar a un vial color ámbar con un filtro PVDF # 45 con el objetivo de separar residuos, se etiquetó la muestra para posterior extraer 200 µl de aceite esencial con una micropipeta de 100 µl a 1000 µl.

Se introdujo la muestra en un nuevo vial para posterior añadir mediante pipeteo 1000 µl de hexano, manteniendo una relación de 1:5, una vez preparada la muestra en el vial de vidrio color ámbar, se homogenizó con ayuda de un Vortex. Una vez ya preparada la muestra en un vial de vidrio color ámbar de 1,5 ml, se colocó en el cromatógrafo para su análisis descriptivo.

Metodología para determinar compuestos mediante cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC/MS).

Se utilizó un tipo de columna HP-5MS (30m x 0.250 mm x 0.25 µm) , un gas de helio a una presión de 14,94 psi con un flujo de gas de 1,8539 ml/minutos , teniendo una temperatura del inyector de 250 °C y del detector de 280 °C; en el modo de inyección se utilizó Split 40:1; su programa térmico consistió en la temperatura del horno a 60 °C durante 1 minuto, luego se incrementó de 60 °C a 100 °C con una

rampa de temperatura de 3 °C/minuto, durante 2 minutos; posteriormente se incrementó de 100 °C a 160°C a razón de 2°C /minuto, durante 5 minutos; finalmente la temperatura se elevó de 160 °C a 280 °C a razón de 5 °C/minuto durante 15 minutos; obteniendo un tiempo de corrida de 90.333 minutos.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Interpretación de resultados

4.1.1. Extracción de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*

Tabla 4.

Extracción de aceite esencial mediante método de destilación por arrastre a vapor.

Muestra	Peso inicial	Agua destilada	Cantidad de aceite esencial obtenido
Hojas frescas de <i>Plectranthus amboinicus</i>	15,2 kg	30.4 L	5.46 ml

Nota: La cantidad de aceite esencial fue medida mediante 8 destilaciones por cada 1,13 ml de aceite esencial.

En la tabla 4 se detalla el tipo de muestra que se utilizó para la extracción del aceite esencial, utilizando 15,2 kg de hojas frescas de *Plectranthus amboinicus* en 30.4 litros de agua destilada, manteniendo una relación 1:2 p/v (peso/volumen), obteniendo una cantidad de 5.46 ml de aceite esencial recolectados en un frasco color ámbar.

Según (Valencia & Quintero , 2022) el rendimiento del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* puede usar una relación peso/volumen de acorde al tipo de equipos disponibles, por lo cual, reportó según su investigación que se puede obtener 0,27 (p/v), que corresponde a 1 ml por cada 370,4 gr de material fresco.

4.1.2. Medición de halos de inhibición.

Tabla 5.

Resultados de halos de inhibición

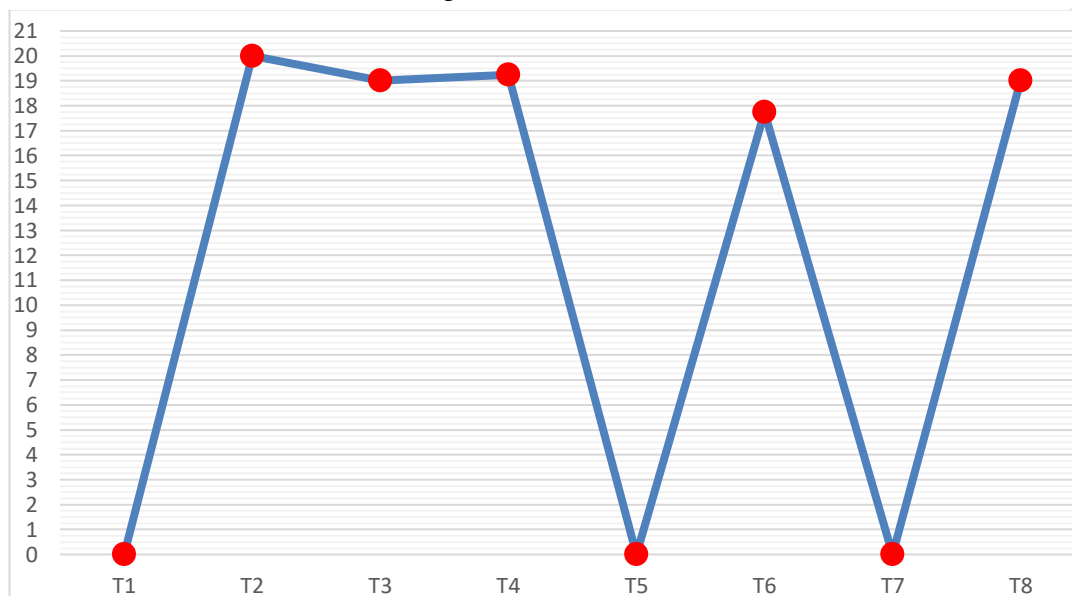
M	Gentamicina	Oxitetraciclina	A.E.P.a	A.E.P.a	Promedio
	10 µg	30 µg	%50	%100	
T1R1		N/I			
T1R2		N/I			0 mm
T1R3		N/I			
T1R4		N/I			
T2R1	19 mm				
T2R2	20 mm				20 mm
T2R3	20 mm				
T2R4	21 mm				
T3R1			20 mm		
T3R2			17 mm		19 mm
T3R3			20 mm		
T3R4			19 mm		
T4R1				16 mm	
T4R2				15 mm	19.25 mm
T4R3				25 mm	
T4R4				21 mm	
T5R1		N/I			
T5R2		N/I			0 mm
T5R3		N/I			
T5R4		N/I			
T6R1	21 mm				
T6R2	22 mm				17.75 mm
T6R3	21 mm				
T6R4	7 mm				
T7R1			N/I		0 mm
T7R2			N/I		

T7R3	N/I	
T7R4	N/I	
T8R1	16 mm	
T8R2	19 mm	19 mm
T8R3	24 mm	
T8R4	17 mm	

Nota: **M:** Muestra; **T:** Tratamiento; **R:** Repetición; **A.E.P.a:** Aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*; **N/I:** No hay inhibición.

Gráfico 1.

Promedios de halos de inhibición por tratamiento.



Nota: **T1:** Tratamiento 1; **T2:** Tratamiento 2; **T3:** Tratamiento 3; **T4:** Tratamiento 4; **T5:** Tratamiento 5; **T6:** Tratamiento 6; **T7:** Tratamiento 7; **T8:** Tratamiento 8.

De acuerdo con la tabla 5, queda demostrado los resultados de medición de halos de inhibición de los tratamientos realizados con las cuatro repeticiones. El primer tratamiento (T1R1, T1R2, T1R3, T1R4) no presentó ningún halo de inhibición en sus cuatro repeticiones frente a *E. Coli* + Oxitetraciclina 30 µg; el segundo tratamiento (T2R1, T2R2, T2R3, T2R4) presentó halos de inhibición de 21 mm, 20 mm, 20 mm y 19 mm frente a *E. Coli* + Gentamicina 10 µg, presentando un promedio de 20 mm entre las cuatro repeticiones.

Dentro del tratamiento tres (T3R1, T3R2, T3R3, T3R4) y cuatro (T4R1, T4R2, T4R3, T4R4), los cuales se usó pocillos de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* con el 50% y 100% frente a *E. Coli*, presentaron halos de inhibición bastante positivos, promediando el tercer tratamiento con 19 mm y el cuarto tratamiento con 19,25 mm.

Por otro lado, el tratamiento cinco (T5R1, T5R2, T5R3, T5R4) y siete (T7R1, T7R2, T7R3, T7R4), se reflejó la no presencia de halos de inhibición, el tratamiento cinco, no presenta halos de inhibición frente a *Salmonella entérica* + Oxitetraciclina 30 µg, en cambio, el tratamiento siete, no presenta halos de inhibición frente a *Salmonella entérica* con pocillos de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* al 50%.

Finalmente, dentro de la tabla 5, los tratamientos 6 (T6R1, T6R2, T6R3, T6R4) y 8 (T8R1, T8R2, T8R3, T8R4) muestran los halos de inhibición, evidenciando la eficacia de la Gentamicina 10 µg contra *Salmonella entérica*, en el tratamiento 6 con un promedio de halo de 17,75 mm, y dentro del tratamiento 8, demostró la eficacia frente a pocillos de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* al 100% con un promedio de 19 mm.

Estos resultados concuerdan parcialmente con lo reportado por (Valencia & Quintero, 2022), quienes evidenciaron inhibición completa en el crecimiento de *E. coli*, *Salmonella* y *Listeria*, lo que sugiere que la efectividad del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* depende de su concentración, sin embargo, reafirma su capacidad antimicrobiana

4.1.3. Evaluación del diseño factorial AxB.

Tabla 6.

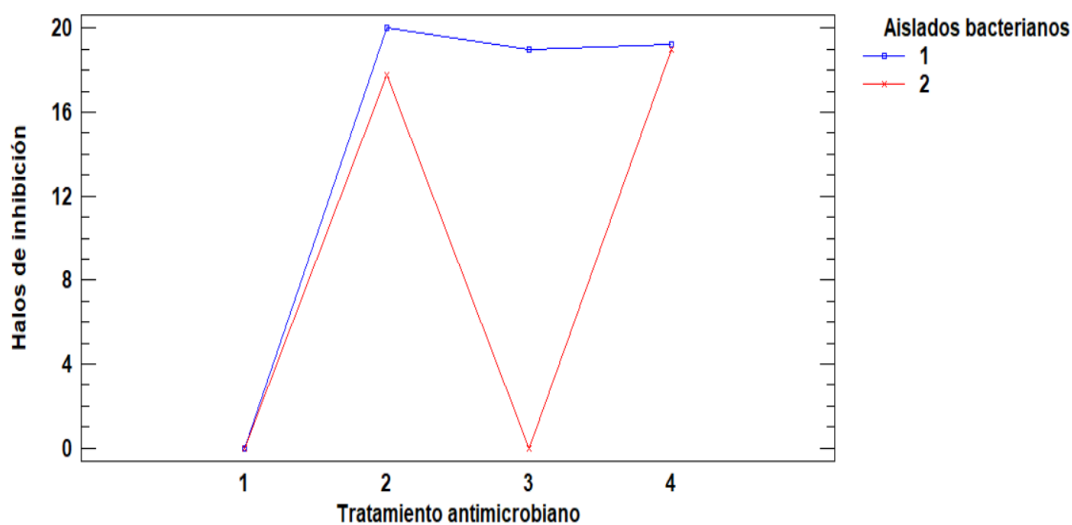
Análisis de Varianza (ANOVA) del diseño factorial A×B.

<i>Fuente</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento antibacteriano	1985,75	3	661,917	59,83	0,0000
B: Aislados bacterianos	231,125	1	231,125	20,89	0,0001
INTERACCIONES					
A*B	501,125	3	167,042	15,10	0,0000
RESIDUOS	265,5	24	11,0625		
TOTAL	2983,5	31			

Nota: SC: Suma de cuadrados; Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Gráfico 2.

Interacciones entre el tratamiento y los halos de inhibición.



Nota: 1: Aislado bacteriano *Escherichia coli* ATCC 25922; 2: Aislado Bacteriano *Salmonella entérica* ATCC 14028.

En la tabla 6, el análisis de varianza (ANOVA) fue aplicado en la medición de halos de inhibición correspondiente a un diseño factorial A×B, donde evaluó dos factores: el factor A, que corresponde al tratamiento antimicrobiano y el factor B correspondiente a las cepas bacterianas.

La tabla de ANOVA del diseño factorial, se elaboró con suma de cuadrados tipo III, permitió descomponer la variabilidad del tamaño de los halos, controlando la influencia de los demás factores. Los valores de -p, tanto del factor A y factor B, así como la interacción de ambas pruebas, su significancia estadística de estos 3 valores de -P, son menores que 0,05.

Estos resultados concuerdan con la investigación hecho por (Valencia & Quintero, 2022), quienes también aplicaron un análisis factorial (A×B), el que mostró diferencias significativas menores de 0.05.

Del mismo modo investigaciones que han aplicado análisis factorial y ANOVA como (Sawant et al., 2023) señalando que el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* afecta la permeabilidad de membranas bacterianas.

4.1.4. Resultado de la resistencia bacteriana.

Tabla 7.

Resistencia bacteriana por método: 95,0 porcentaje Tukey HSD.

<i>Tratamiento antimicrobiano</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	8	0	1,17593	X
3	8	9,5	1,17593	X
2	8	18,875	1,17593	X
4	8	19,125	1,17593	X

Nota: Las X marcada en la tabla representa si existe un nivel de significancia entre los tratamientos.

Tabla 8.*Diferencias estimadas entre los tratamientos.*

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-18,875	4,58879
1 - 3	*	-9,5	4,58879
1 - 4	*	-19,125	4,58879
2 - 3	*	9,375	4,58879
2 - 4		-0,25	4,58879
3 - 4	*	-9,625	4,58879

Nota: El (*) indica una diferencia significativa entre los tratamientos

Tabla 9.*Relación de números usados en el Tukey con los tratamientos y factores.*

<i>Número en Tukey</i>	<i>Factor A: Tratamiento antimicrobiano</i>
1	Disco de Oxitetraciclina (30µg)
2	Disco de Gentamicina (10µg)
3	Pocillo con aceite esencial de <i>Plectranthus amboinicus</i> al 50%
4	Pocillo con aceite esencial de <i>Plectranthus amboinicus</i> al 100%
<i>Número en Tukey</i>	<i>Factor B: Aislados bacterianos</i>
1	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922
2	<i>Salmonella</i> entérica ATCC 14028.

Nota: La tabla presentada refleja la numeración utilizada en las tablas 8 y 9, desarrolladas mediante el método Tukey.

En la tabla 8, mostró las diferencias estimadas en cada par de medias. En la parte de la columna en donde se muestra el asterisco a lado de los 5 pares, demostró la diferencia estadísticamente significativa, es decir, que no se deben al azar, con un nivel de confianza del 95%.

Mientras que en la tabla 7, se presentó la columna denominada “grupos homogéneos”, marcados con un “X”. Cuando los tratamientos comparten la letra X

al mismo nivel de la columna, significa que no hay diferencia significativa entre ellos.

En nuestro caso, el tratamiento 1 se separa de los demás debido a que tiene un promedio de 0, mientras que el tratamiento 3 ocupa una posición intermedia dado que su promedio es de 9,5, por otro lado, los tratamientos 2 y 4, con promedios cercanos a 19, se consideran estadísticamente iguales. Con este método hay un riesgo de 5% pero una confianza del 95%, afirmando que existen diferencias cuando en realidad no las hubiera.

En este estudio, el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* al 100% demostró un efecto antimicrobiano comparable a la gentamicina, mientras que al 50% redujo su inhibición significativamente estadísticamente hablando, sin embargo, aunque en menor medida si presento tener un efecto antimicrobiano.

Estos resultados concuerdan con (Hanh et al., 2023), en donde altas concentraciones de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* generaron halos de 47-54 mm frente a *E. Coli*, confirmando una gran capacidad en concentraciones puras.

Mientras que, en las cepas de *Salmonella entérica*, el ANOVA y la prueba de Tukey comprueban que solo las concentraciones elevadas produjeron inhibición significativa, coincidiendo con el estudio hecho por (Leesombun et al., 2023) que, “*para frenar el crecimiento de Salmonella, se necesitan concentraciones altas de 1024 µg/mL*”. De igual forma nuestros resultados muestran que el aceite al 100% actúa casi igual que la gentamicina, mientras que al 50% su efecto es desfavorable.

4.1.5. Resultado de Concentración mínima inhibitoria.

Tabla 10.

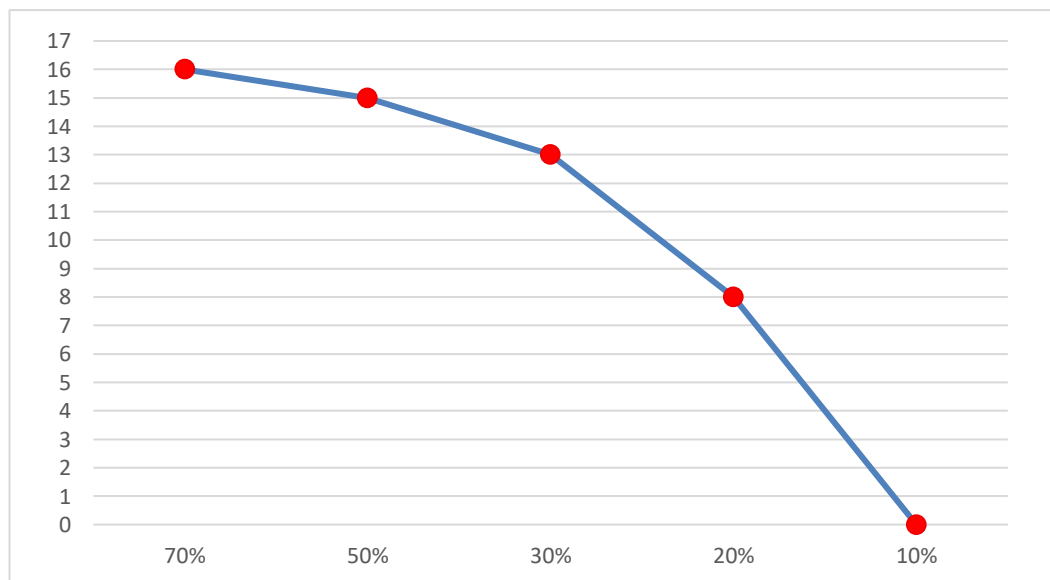
Concentración mínima inhibitoria frente a E. Coli.

	Concentración de A.E.P.a %	Halo de inhibición	Resistencia
<i>E. coli</i>	70%	16 mm	N/
<i>E. coli</i>	50%	15 mm	N/R
<i>E. coli</i>	30%	13 mm	N/R
<i>E. coli</i>	20%	8 mm	N/R
<i>E. coli</i>	10%	N/I	R

Nota: N/I: No hay inhibición; N/R: No hay resistencia; R: Resistente.

Gráfico 3.

Concentración mínima inhibitoria de aceite esencial contra E. coli.



Nota: Los porcentajes en el eje X desempeña a las concentraciones que fueron colocados en los pocillos con aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*.

Tabla 11.

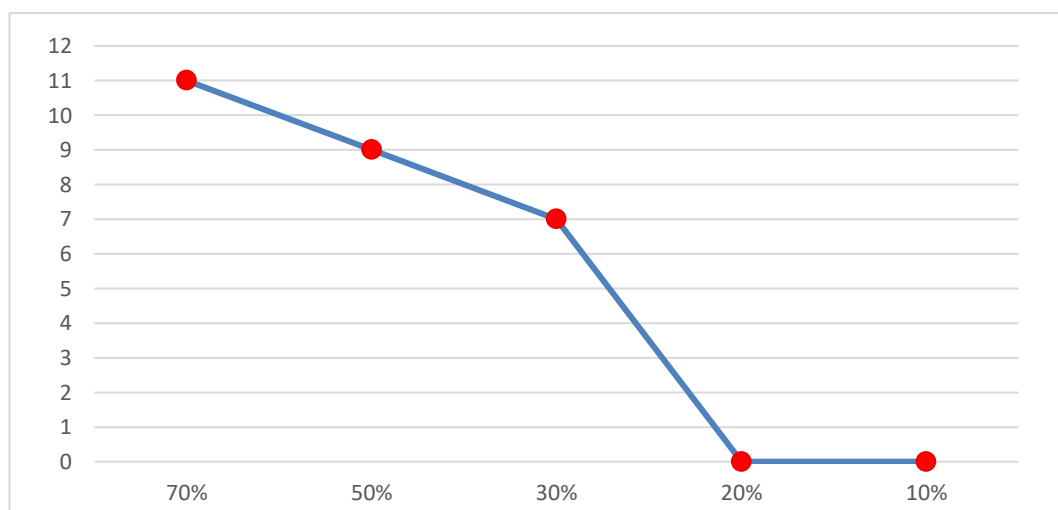
Concentración mínima inhibitoria contra Salmonella entérica.

Bacteria	Concentración de A.E.P.a %	Halo de inhibición	Resistencia
<i>Salmonella</i>	70%	11 mm	N/R
<i>Salmonella</i>	50%	9 mm	N/R
<i>Salmonella</i>	30%	7 mm	N/R
<i>Salmonella</i>	20%	N/I	R
<i>Salmonella</i>	10%	N/I	R

Nota: N/I: No hay inhibición; N/R: No hay resistencia; R: Resistente.

Gráfico 4.

Concentración mínima inhibitoria de aceite contra Salmonella entérica.



Nota: Los porcentajes en el eje X desempeña a las concentraciones que fueron colocados en los pocillos con aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*.

En la tabla 10 y 11, se obtuvo los resultados mediante la medición de los halos de inhibición de las diferentes concentraciones, dentro de la tabla 10, la concentración mínima inhibitoria frente a *Escherichia coli* ATCC 25922, es de 10%, es decir, que el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* pierde su capacidad antimicrobiana a dicha concentración.

Por otro lado, en la tabla 11, se obtuvo en este caso que las concentraciones mínimas inhibitorias del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* frente a *Salmonella entérica* ATCC 14028, fue del 20% y 10%, el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* no actúa en esas concentraciones frente a la bacteria.

Como se indica en las tablas 10 y 11, se demostró que la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial se observó hasta el 10%, debido a dicha concentración dejó de visualizarse una inhibición en el agar frente a *E. coli* ATCC 25922, sin embargo, para la *Salmonella entérica* ATCC 14028 el CMI fue hasta el 20%, ya que a partir de esta concentración no hubo inhibición observable.

Sin embargo, al comparar los datos reportados por (Leesombun et al., 2023) estos resultan elevados en comparación al CMI al 0.1% para *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028, con el método de micro dilución en caldo.

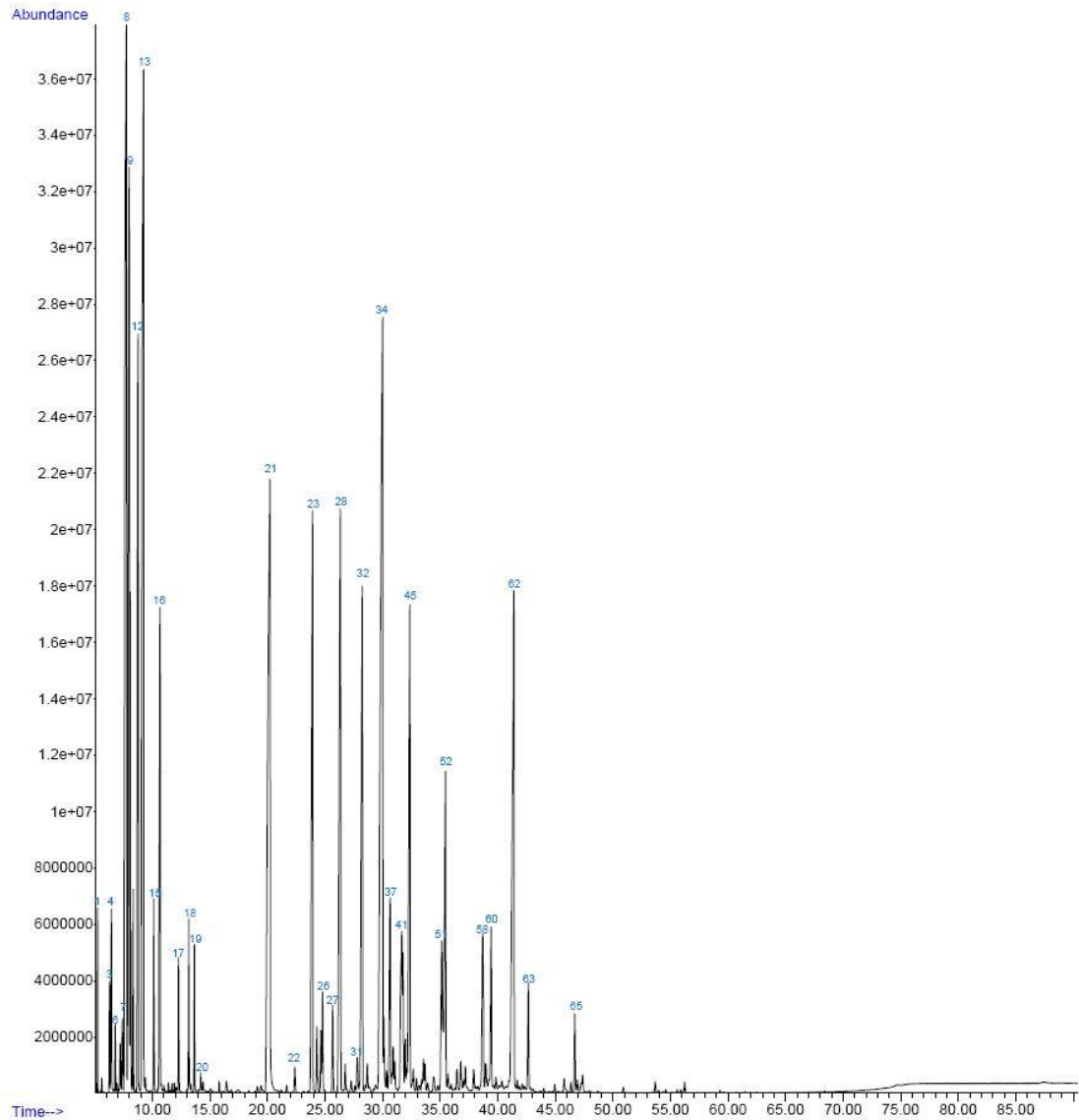
La principal diferencia presentada en los valores es debido a la diferente metodología empleada, ya que en nuestros resultados se utilizó el método de difusión en agar, el cual requiere concentraciones más altas para lograr difusión en el medio, a diferencia del método por medio líquido ya que tiene una mayor sensibilidad.

Por otro lado, el CMI de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* hecho por (Alves et al., 2022) fue de 0.3 % frente a *E. Coli* ATCC 25922, de igual forma hecho por el método de micro dilución en caldo. Además, demostró que por este método usado en el estudio mencionados tiene efecto bactericida ante la bacteria.

4.1.6. Resultado de análisis de compuestos volátiles mediante GC/MS.

Gráfico 5.

*Resultados de picos de compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* mediante su tiempo de retención.*



Nota: Los números sobre cada pico se refiere al orden de acuerdo con el tiempo de retención de cada compuesto descritos en la tabla 12.

Tabla 12.*Compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de Plectranthus amboinicus.*

Nº	Compuesto	TR (min)	Área (%)
1	1R- α -Pinene	5,230	0,42
2	Camphene	5,607	0,05
3	Sabinene	6,272	0,31
4	1-Octen-3-ol	6,438	0,75
5	β -mircene	6,771	0,23
6	α -Fellandrene	7,197	0,24
7	3-Carene	7,388	0,4
8	α -Terpinolene	7,728	10,61
9	o-Cymene	7,984	6,68
10	ψ -Limonene	8,074	1,72
11	(E)- β -Ocimene	8,321	0,6
12	Ocimene	8,748	4,47
13	γ -Terpinen	9,217	9,88
14	γ -Terpinen	9,391	0,05
15	Fenchone	10,120	0,63
16	Linalool	10,659	2,48
17	Camphor	12,274	0,46
18	endo-borneol	13,156	0,61
19	Terpinen-4-ol	13,643	0,53
20	α -terpineol	14,197	0,09
21	Carvacrol	20,212	8,87
22	α -Cubebene	22,368	0,15
23	α -Copaene	23,907	4,42
24	β -Bourbonene	24,279	0,36
25	β -cubebene	24,634	0,3
26	β -Elemene	24,780	0,49
27	α -Gurjunene	25,663	0,46

28	β -Caryophyllene	26,326	4,92
29	β -Copaene	26,751	0,19
30	trans- α -Bergamotene	27,269	0,09
31	Cadina-3,5-diene	27,796	0,26
32	α -Humulene	28,230	4,02
33	cis-Muurolo-4(15),5-diene	28,670	0,14
34	Germacrene D	29,993	10,72
35	β -Selinene	30,101	0,36
36	(-)-Bicyclosesquiphellandrene	30,335	0,11
37	Bicyclogermacrene	30,639	1,42
38	Aromandendrene	30,802	0,09
39	α -Muurolole	30,916	0,25
40	8-Isopropenyl-1,5-dimethyl- cyclodeca-1,5-diene	31,054	0,19
41	γ -Cadinene	31,663	1,53
42	Epicubebol	31,765	0,71
43	6-epi-shyobunol	31,964	0,28
44	Calamenene	32,095	0,1
45	δ -Cadinene	32,354	3,71
46	Cadina-1,4-diene	32,666	0,17
47	α -Cadinene	32,940	0,06
48	4,6,6-Trimethyl-2-2(3- methylbulta-1,3- dienyl)3oxatricyclo] {octane	33,535	0,18
49	Caryophyllene oxide	33,674	0,14
50	Palustrol	34,425	0,12
51	γ -Muurolole	35,130	1,4
52	Caryophyllene oxide	35,445	2,42
53	α -Elemene	35,672	0,11
54	1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,6,7,7a,7b-octahydro- 1,1,4,7-tetramethyl-	36,445	0,14
55	Humulene epoxide II	36,780	0,19

56	epi-Cubenol	37,175	0,17
	Naphthalene, 1,2,3,4,6,8a-hexahydro-1-isopropyl-4,7-dimethyl-		
57		37,906	0,12
58	T-Cadinol	38,676	1,4
59	δ -Cadinol	38,952	0,19
60	T-Muurolol	39,417	1,02
61	Aromadendrene	39,832	0,07
62	Isoledene	41,385	5,39
	Benzene, 2-methyl-1,4-bis(1-methylethyl)-		
63		42,642	0,59
	1,1,7,7a-Tetramethyl-1a,2,6,7,7a,7b-hexahydro-1H-cyclopropa[a]naphthalene		
64		45,754	0,11
65	trans-Calamenene	46,676	0,45
	1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2,6,7,7a,7b-hexahydro-1,1,7,7a-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alpha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-		
66		46,902	0,08
	Benzaldehyde, 4-hydroxy-,		
67	oxime	47,354	0,12

Nota: TR: Tiempo de retención en donde fue identificado el compuesto volátil.

En la tabla 12 se identificaron 67 compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* mediante GC/MS y comparados con la librería NIST.14. L. El perfil de los picos analizados muestra 10 picos mayoritarios en base al porcentaje de área y tiempos de retención para su identificación.

El primer pico α -Terpinolene con un % de área 10,61 se observó a los 7,728 minutos de tiempo de retención; el segundo pico o-Cymene con un % de área 6,68 se observó a los 7,984 minutos de tiempo de retención, el tercer pico Ocimene con un área de 4,47% en el tiempo de retención 8,748 minutos; como cuarto pico se encontró a γ -Terpinen con área de 9,88% en el minuto 9,217 ; como quinto pico se determinó Carvacrol con un área 8,87 % en el minuto 20,212; como sexto pico

α -Copaene con un área de 4,42 %, en un tiempo de retención de 23,907 minutos; el séptimo pico, β -Caryophyllene con un área de 4,92 en el tiempo de retención 26,326 minutos; como octavo pico α -Humulene con un área de 4,02 % en el tiempo de retención 28,230 minutos ;como noveno pico Germacrene D con un área de 10,72 %, en el tiempo de retención 29,993 minutos, siendo el pico más alto; como décimo pico, Isoledene con un área de 5,39 % al minuto 41,385.

Según (Blacio, y otros, 2025) los compuestos como: Germacrene D, o-Cymene, α -Copaene y α -Humulene, son parte de los compuestos que se han visto presentados como componentes principales dentro de las diferentes zonas del sur de Ecuador. Los compuestos como el Germacrene D, α -Copaene y α -Humulene son pertenecientes al grupo de los sesquiterpenos no oxigenados y el o-Cymene, perteneciente al grupo de los monoterpenos no oxigenados, los cuales se ha descrito que estos grupos presentan actividad antimicrobiana, según (Huanca, Castro, López, & Bautista, 2021).

De acuerdo con (Filipe, y otros, 2025), demostró en su investigación que α -Terpinolene y γ -Terpinen, son componentes que se presentan comúnmente en el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*, el cual puede encontrarse en tallos, partes aéreas y plantas enteras del cual se reporta siete de cada nueve veces como componente en la literatura. Por otro lado, los compuestos volátiles α -Terpinolene y γ -Terpinen demuestra que tiene propiedad antimicrobiana moderada realizado en bacterias como la *E. coli* según investigaciones descritas por (Kamiya, y otros, 2024).

Por otro lado, los compuestos volátiles como el Carvacrol y β -Caryophyllene, fueron diagnosticados como componentes principales del aceite esencial de la hoja de *Plectranthus amboinicus* en Taiwán según “*Antimildew Effects of Plectranthus amboinicus Leaf Essential Oil on Paper*” (Kuang & Chen, 2019).

Finalmente, los compuestos como Ocimene e Isoledene, fueron diagnosticados por (Satongrod & Wanna, 2021) en su investigación “*Potential of essential oils from leaves of Indian borage (Plectranthus amboinicus) and climbing wedelia (Wedelia trilobata) against cowpea weevil (Callosobruchus maculatus)*”, cumpliendo un papel sinérgico con los demás compuestos volátiles, es decir, ayuda en la propiedad antibacteriana.

4.2. Comprobación de la hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante las pruebas de sensibilidad antimicrobiana en la investigación se determinó que los tratamientos T2, T3, T4, mediante análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey HSD, si presenta diferencias significativas entre las medias de los grupos en su efecto antimicrobiano frente a enterobacterias como *Escherichia coli* y *Salmonella entérica*, de acuerdo con los análisis realizados, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula.

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES

Se logró obtener el aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* mediante el método de destilación por arrastre a vapor, teniendo una relación 1:2 (peso/volumen), destacando que la técnica es viable para la extracción de sus compuestos bioactivos y que el rendimiento de aceite esencial haya sido factible para la utilización de las diferentes pruebas de estudio.

El aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* demostró poseer actividad antimicrobiana significativa en los tratamientos de estudio, a través de método de sensibilidad antimicrobiana por difusión agar frente a las cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella entérica* ATCC 14028. Cabe recalcar que la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* contra *Salmonella* únicamente es efectiva a su concentración más alta (100%) usando el método de agar difusión. Al comparar su efecto con los antibióticos como grupo testigos, se analizó su eficacia comparable a la Gentamicina 10 µg, e incluso superando a Oxitetraciclina 30 µg, debido a la presencia de resistencia frente a las bacterias usadas en nuestro estudio.

Finalmente, se determinó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* frente a enterobacterias, se encuentra en un rango de concentración de 10% en *Escherichia coli* ATCC 25922 y 20% en *Salmonella entérica* ATCC 14028. Estos valores cuantitativos confirman su potencial como un agente inhibitorio hacia el crecimiento de las cepas bacterianas.

5.2. RECOMENDACIONES

Ampliar el estudio mediante la identificación de genes por método de expresión genética, el cual es una técnica dentro del campo de biología molecular que identifica el gen resistente de la bacteria frente a los distintos fármacos administrados.

Variación en la metodología de estudio para futuras investigaciones utilizando métodos diferentes para la determinación de la concentración mínima inhibitoria, el cual propone complementar estos hallazgos con el método de micro dilución en caldo, debido a sus resultados altamente sensibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta et al. (2020). Obtención de extracto fluido de *Plectranthus amboinicus* (orégano), utilizando el método de agitación mecánica. *Dialnet*, 41-47.
- Agrovetmarket animal health. (2025). *Agrogenta 11*. Obtenido de Agrovetmarket S.A.: <https://www.agrovetmarket.com/productos-veterinarios/documento/agrogenta-11-gentamicina-antibiotico/inserto>
- Alba et al. (2023). *Salmonellosis, historia natural de la enfermedad*. Obtenido de Repositorio UAEH: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/9774>
- Alves et al. (2022). Antibacterial and anti-biofilm potential of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng essential oil and Carvacrol against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 11-17.
- Anjum et al. (2021). *The potential of using E. coli as an indicator for the surveillance of antimicrobial resistance (AMR) in the environment*. Obtenido de ELSEVIER: <https://pdf.sciencedirectassets.com/272017/1-s2.0-S1369527421X00069/1-s2.0-S1369527421001302/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEDlhcXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIE1xZEfRgiUkVrq0U0dtlrf44qfAiRhD%2Bo4iBV6pKT0ZAIb6uSuPP%2FD1KiNV4F1ttIhFLN6hN5zvlcsi7DCIQPK>
- B. Braun Medical S.A. (Octubre de 2024). *Ficha técnica de Gentamicina Braun 3mg/ml*. Obtenido de Agencia española de medicamentos y productos sanitarios .

- Bhavaniramy et al. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & Oil Science and Technology*, 49-55.
- Biofile . (2021). *Mueller hinton agar blood sheep*. Obtenido de masciabrunelli.it
- Blacio, S., Avecillas, G., Maldonado, J., Gadvay, K., Porras, M., León , W., & Calva, J. (2025). Comparative Study of the Chemical Composition of the Essential Oil of *Plectranthus amboinicus* from Different Sectors of Southern Ecuador. *horticulturae*, 5-7.
- Boyer et al. (2024). Post-Antibiotic and Post-Antibiotic Sub-Minimum Inhibitory Concentration Effects of Carvacrol against *Salmonella Typhimurium*. *Animals*, 1-11.
- Caiminagua, R. (2021). *Efecto de la inclusión de plectranthus amboinicus en el alimento de pollos cobb 500 sobre el control bacteriano*. Machala, Ecuador.
- Cardona, L., & Díaz, J. (2022). Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie *Plectranthus amboinicus*, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 550-563.
- Caycedo et al. (2021). Las bacterias, su nutrición y crecimiento: una mirada desde la química. *Nova*, 49-94.
- Chaves, B., & Tadi, P. (2023). *Gentamicina* . Obtenido de National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557550/>
- CId Pérez et al. (2024). Carvacrol and thymol effect in vapor phase on *Escherichia coli* and *Salmonella* serovar *Typhimurium* growth inoculated in a fresh salad . *Heliyon*, 1-11.

- Corzo, A. (2019). *Técnicas de análisis en química orgánica cromatografía*.
Obtenido de Facultad de Ciencias Forestales:
<https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-44-Cromatografia-CORZO.pdf>
- De La Rosa et al. (2023). Evaluation of the bactericidal effect. *Avances en odontoestomatología*, 43-48.
- Devika et al. (2021). Modification of nutrient agar medium to culture yet-unculturable bacteria living in unsanitary landfill. *Ceylon Journal of Science* , 505-512.
- Devika et al. (15 de Diciembre de 2021). Modification of nutrient agar medium to culture yet-unculturable bacteria living in unsanitary landfills. *Ceylon Journal of Science*, 505-512. Obtenido de Ceylon Journal of Science:
https://cjs.sljol.info/articles/10.4038/cjs.v50i4.7949?utm_source=chatgpt.com
- Duarte et al. (2022). Etnoconhecimento da hortelã da folha grossa (*Plectranthus amboinicus*) no interior paraibano. *Open Minds International Journal*, 56-68.
- Ehtiati, S., & et al. (2023). Promising influences of caffeic acid and caffeic acid phenethyl ester against natural and chemical toxins: A comprehensive and mechanistic review . *ELSEVIER*.
- Erazo, J. (2023). *II Congreso Internacional científico & multidisciplinario de posgrado*. Obtenido de Editorial EXCED:
https://editorial.excedinter.com/wp-content/uploads/2023/Memorias/Exced_2023_Me2.pdf?t=1700186971

- Esther et al. (2024). Determination of pharmacokinetic-pharmacodynamic cutoff values of oxytetracycline in calves and adult cattle using population pharmacokinetic modeling. *Frontiers*, 01-11.
- Filipe, M., Bangay, G., Brauning, F., Ogungbemiro, F., Palma, B., Díaz, A., . . . Rijo, P. (2025). *Plectranthus amboinicus*: A Systematic Review of Traditional Uses, Phytochemical Properties, and Therapeutic Applications. *pharmaceuticals*, 5-6.
- Flores et al. (2021). Conectando el laboratorio con el campo: Análisis genómico de cepas de *Phyllobacterium* y *Rhizobium* y rendimiento en campo de dos cultivos de hortalizas. *Agronomy*, 2-4. Obtenido de National Center for Biotechnology Information.
- Flores et al. (2023). Automatización de inoculación en medios de cultivo para el laboratorio de microbiología. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 1-15.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guaranda. (2024). *Ubicación Geográfica*. Obtenido de <https://www.gob.ec/gadmc-guaranda>
- Gomez, K. (2023). *Aceites esenciales de plantas medicinales con efecto Antibacteriano In Vitro: una revisión sistemática*. Obtenido de ULADECH:
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/34811>
- Gundu, S. (2020). Review of Recent Nanotechnological and Pharmacological Potentials with Special Reference to *Plectranthus amboinicus*. *IJSR*.
doi:doi: 10.21275/SR201204002844

- Gutiérrez et al. (2023). Microwave-Assisted Hydrodistillation of Essential Oil from *Plectranthus amboinicus*: Evaluation of Its Antifungal Effect and Chemical Composition. *Life*, 528.
- Hanh et al. (2023). Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil from *Plectranthus*. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5203-5210.
- Holdridge, L. (1971). *Sistema de zonas de vida*.
- Huanca, C., Castro, N., López, J., & Bautista, N. (2021). ACTIVIDAD ANTIBACTERIAL Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE LA *Aloysia aloysioides* Loes. *SciElo*, 9-10.
- Huanqui, A. (2023). *Prevalencia de enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido y/o carbapenemasas en pacientes del IREN Sur de enero a agosto del 2022*. Obtenido de Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa : <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/0b1215f0-0882-4560-a9e2-d3fed089a4a2>
- Hulankova, R. (2024). Methods for Determination of Antimicrobial Activity of Essential Oils In Vitro—A Review. *Plants*, 11-14.
- Jenkins, R., & Maddocks, S. (2019). *Bacteriology Methods for the Study of Infectious Diseases*. Academic Press.
- Kamiya, H., Haraguchi, A., Mitarai, H., Yuda, A., Wada, H., Shuxin, W., . . . Wada, N. (2024). In vitro evaluation of the antimicrobial properties of terpinen-4-ol on apical periodontitis-associated bacteria. *ELSEVIER*, 306-314.

- kerek et al. (2024). Antimicrobial Susceptibility Profiles of Salmonella spp. Isolates from Clinical Cases of Waterfowl in Hungary Between 2022 and 2023. *Microorganisms*, 2-20.
- Kowalska, B., & Dudek, R. (2021). The Minimum Inhibitory Concentration of Antibiotics: Methods, Interpretation, Clinical Relevance. *Pathogens*, 2-21.
- Kuang, P., & Chen, L. (2019). Antimildew Effects of Plectranthus amboinicus Leaf Essential Oil on Paper. *SAGE*, 2-3.
- Kumar, P., & Kumar, N. (2020). Plectranthus amboinicus: A review on its pharmacological and pharmacognostical. *American Journal of physiology*, 55-62.
- Kumar, P., & Kumar, N. (2020). Plectranthus amboinicus: A review on its pharmacological and pharmacognostical studies . *American Journal of Physiology*, 10(2), 55-62.
- Leesombun et al. (2023). Transcriptional Profiling of the Effect of Coleus amboinicus L. Essential Oil against Salmonella Typhimurium Biofilm Formation. *Antibiotics*, 1-19.
- Leesombun et al. (2023). Transcriptional Profiling of the Effect of Coleus amboinicus L. Essential Oil against Salmonella Typhimurium Biofilm Formation. *Antibiotics*, 2-19.
- Lewis et al. (2021). Innovations to culturing the uncultured microbial majority. *Nature Reviews Microbiology*, 25-240.
- López et al. (2023). Oreganón, perejil, cilantro, hierbabuena y albahaca a través de difracción de rayos x. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 25(3), 113-124.

- Malpica et al. (2024). Efecto de tres métodos de extracción en el rendimiento, actividad antioxidante, fenoles totales y estabilidad de extractos de hojas de *Plectranthus amboinicus*. *CienciaUAT*, 91-106.
- Márquez, G. (2023). *Plan de manejo de riesgo de tetraciclinas*. Ciudad de México: Gea hospital.
- Martínez et al. (2023). Composición química y actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Thymus vulgaris* L. sobre *Salmonella* spp. . *Revista Cubana de Farmacia*, 1-19.
- Mendoza, D., & Cordova, M. (2023). *Aplicación del oreganón (plectranthus amboinicus) pulverizado en el balanceado para la prevención de vibrios spp. En el cultivo de camarón blanco (litopenaeus vannamei)*. Machala: UTMACH.
- Ministerio del Poder Popular para la salud . (2022). *Gentamicina* . Obtenido de Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel":
https://inhr.gob.ve/fichasfarma/archivos/20221118125703_1062.pdf
- Mohammed et al. (2022). Comparison of three culture media in assessing the sensitivity of antibiotics to common foodborne microorganisms. *J Med Life*, 645-649.
- Monzote et al. (2020). Pharmacological Assessment of the Carvacrol Chemotype Essential Oil From *Plectranthus amboinicus* Growing in Cuba. *Sage journals*, 15.
- Moo et al. (2020). Antibacterial Activity and Mode of Action of β -caryophyllene. *Polish Journal of Microbiology*, 49–54.

- Ordoñez, I. (2015). *Sensibilidad antimicrobiana de escherichia coli en infecciones del tracto urinario en la atención primaria de salud. Comunidad Pascuales*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/items/12115d58-c52c-410c-86c7-28b9e42cc477>
- Osnayo, F. (2024). Síntomas y alteraciones orgánicas por uso de Oxitetraciclina administrada vía oral en *Cavia porcellus* (cobayo) - Ayacucho 2020 . *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*, 3-20.
- Pakbin et al. (2021). *Factores de virulencia de Escherichia coli patógena entérica : una revisión*. Obtenido de MDPI: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/18/9922>
- Papich, M. (2020). *Papich Handbook of Veterinary Drugs*. Missouri: Elsevier.
- Pardo et al. (2023). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales. *Revista Alfa*, 547-559.
- Parra, M., Durango, J., & Mattar, S. (2018). *Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por salmonella*. Colombia: Revista MVZ Córdoba.
- Pereira et al. (2020). Synergistic antibacterial activity of monoterpenes in combination with conventional antimicrobials against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, 258-264, .
- Petkovi et al. (2020). Biosynthesis of Oxytetracycline by *Streptomyces rimosus*: Past, Present and Future Directions in the Development of Tetracycline Antibiotics. *Food technology and biotechnology*, 55.

- Popa, G., & Popa, M. (2021). *Salmonella spp. Infection*. Obtenido de GERMS: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8057844/pdf/germs-11-01-88.pdf>
- Radomir et al. (2024). Overview of bioactive compounds, biological properties and therapeutic effects of *Plectranthus amboinicus*. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 858-869.
- Ramírez, C. (2022). *Identificación de cepas de enterobacterias productoras de β-lactamasas de espectro extendido en felinos domésticos*. Obtenido de Benemérita Universidad Autónoma de Puebla: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/2a6d7f78-6d5d-4fd6-93a1-6b49d30e9dee/content>
- Ramos, A. (2023). *Predição farmacocinética e efeito protetor do análogo sintético da curcumina (1E,4E)-1,5-DIFENILPENTA-1,4-DIEN-3-ONA na lesão celular renal causada por gentamicina e na interação com NADPH Oxidase-4*. Obtenido de Repositório Institucional: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/76345>
- Rodríguez et al. (2021). Elaboración de medios de cultivo alternativos y viables para el crecimiento microbiano del *Bacillus subtilis*. *La U Investiga*, 86-94.
- Rozo, D. (2023). *Universidad Antonio Nariño*. Obtenido de https://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/8303/2/2023_DiegoAlejandroRozoFonseca.pdf

- Ruiz, M. (2020). *Métodos físicos de separación obtención de extractos e hidrodestilación*. Obtenido de Universidad Simón Bolívar:
<https://bonga.unisimon.edu.co/bitstreams/251737d7-6025-444e-ba7a-316c74dec4ab/download>
- Santos de Lima. et al. (2020). Estudio de ARTÍCULO ORIGINAL | ORIGINAL ARTICLE la actividad antibacteriana de los monoterpenos timol y carvacrol contra cepas de Escherichia coli productoras de β -lactamasas de amplio espectro. *Rev Pan-Amaz Saude*, 1-5.
- Satongrod, B., & Wanna, R. (2021). Potential of essential oils from leaves of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) and climbing wedelia (*Wedelia trilobata*) against cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*).
MAHASARAKHAM.
- Sawant et al. (2023). Evaluation of the Effect of *Plectranthus amboinicus* L. Leaf Extracts on the Bacterial Antioxidant System and Cell Membrane Integrity of *Pseudomonas aeruginosa* PA01 and *Staphylococcus aureus* NCTC8325. *Pathogens*, 2-17.
- Segura, J. (2022). *DISEÑO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL CON BASE AL APROVECHAMIENTO DE LA SEMILLA DEL AGUACATE UTILIZANDO DIFERENTES ESPECIES*. Bogota D.C:
Fundación Universidad de América. Obtenido de Fundación Universidad de América:
<https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/086dc1b0-b0d4-4169-980a-fb86374c7ebd/content>

- Stefanaki, & Van Andel. (2021). Hierbas aromáticas mediterráneas y su uso culinario. *Research Gate*, 93-115.
- Tocachi , M. (2023). *Determinación de la prevalencia de enterobacterias en cobayos (Cavia porcellus) en un sistema de producción comercial, mediante análisis bacteriológicos*. Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26501>
- Torres, U., & Montalvo, E. (2024). Mecanismos de resistencia en enterobacterias aisladas de urocultivos. *Polo del Conocimiento*, 1507-1525.
- Valencia , L., & Quintero , J. (2022). Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie *Plectranthus amboinicus*, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 550-555.
- Valencia, L., & Quintero , J. (2022). *Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie Plectranthus amboinicus, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia*. Obtenido de Brazilian Journal of Animal and Environmental Research: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/43693>
- Valencia, L., & Quintero, J. (2022). Extração e caracterização do óleo essencial de orégano, espécie *Plectranthus amboinicus*, de cultivos orgânicos de Magdalena Medio na Colômbia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 550-563.
- Valencia, L., & Quintero, J. (2022). xtracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie *Plectranthus amboinicus*, a partir de cultivos orgánicos

del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 550-563.

Vargas et al. (2021). Composición y diversidad de la flora medicinal en fincas de la agricultura suburbana de Santiago de Cuba. *Agrotecnia de Cuba*, 18-31.

Vasuntrarak, K. (2020). Pharmacokinetics, pharmacodynamics and dosing regimen of long-acting oxytetracycline in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations*, 102.

Vega et al. (2024). Comparación de dos métodos de extracción para el análisis fitoquímico de extractos alcohólicos de hojas de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. *Ciencia e Ingeniería*, 11(1).
doi:doi.org/10.5281/zenodo.12549588

Villacís et al. (13 de Agosto de 2020). *Determinación del perfil de sensibilidad antibiótica en Escherichia coli y Salmonella spp. 1 aisladas de carne aviar en el Ecuador*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador:
https://repositorio.puce.edu.ec/items/072ef6ae-ceed-49e6-b934-26c3b0f56dcb?utm_source=chatgpt.com

Zhuang et al. (2024). *Avances en métodos para la detección de Escherichia coli viable*. Obtenido de Royal Society Of Chemistry:
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/an/d3an01750h>

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la Investigación



Anexo 2. Croquis del ensayo

Tratamientos	Código	Descripción
T1	a1b1	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922+ Disco de inhibición de antibiótico Oxitetraciclina 30ug (testigo)
T2	a2b1	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922+ Disco de inhibición de antibiótico Gentamicina 10 ug (testigo)
T3	a3b1	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922+ Pocillo con aceite esencial al 50% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .
T4	a4b1	Cepa de <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922+ Pocillo con aceite esencial al 100% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .
T5	a1b2	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028+ Disco de inhibición de antibiótico Oxitetraciclina 30 ug (testigo)
T6	a2b2	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028+ Disco de inhibición de antibiótico Gentamicina 10 ug (testigo)
T7	a3b2	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028+ Pocillo con aceite esencial al 50% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .
T8	a4b2	Cepa de <i>Salmonella entérica</i> ATCC 14028+ Pocillo con aceite esencial al 100% de <i>Plectranthus amboinicus</i> .

Anexo 3. Resultados de análisis

Analizar Experimento - Halos de inhibición (BLOQUE)					
Análisis de Varianza para Halos de inhibición - Suma de Cuadrados Tipo III					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento antimicrobiano	1985,75	3	661,917	59,83	0,0000
B: Aislados bacterianos	231,125	1	231,125	20,89	0,0001
INTERACCIONES					
AB	501,125	3	167,042	15,10	0,0000
RESIDUOS	265,5	24	11,0625		
TOTAL (CORREGIDO)	2983,5	31			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor
 La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Halos de inhibición en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Halos de inhibición con un 95,0% de nivel de confianza.

Nota: tabla de análisis de varianza (ANOVA) expuesto por el paquete estadístico STATGRAPHICS

Pruebas de Múltiple Rangos para Halos de inhibición por Tratamiento antimicrobiano

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento antimicrobiano	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	8	0	1,17593	X
3	8	9,5	1,17593	X
2	8	18,875	1,17593	X
4	8	19,125	1,17593	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-18,875	4,58879
1 - 3	*	-9,5	4,58879
1 - 4	*	-19,125	4,58879
2 - 3	*	9,375	4,58879
2 - 4		-0,25	4,58879
3 - 4	*	-9,625	4,58879

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor
 Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Nota: Pruebas de Múltiple Rangos expuesto por el paquete estadístico STATGRAPHICS

Anexo 4. Bases de datos por tratamientos y exámenes realizados en los laboratorios de investigación y vinculación

A	B	C	D	E	F	G	H
Toma de datos para medios de cultivo							
Fecha	Medio de cultivo	Cantidad de agar (Agua destilada (ml))	Cantidad de frascos	tiempo en micro ondas	Autoclave(temperatura/tiempo)	Cajas petri (#)	
11/7/2025	Nutri-agar	1,5 gr	50 ml	1	60 seg	120 °C/ 20 min	2
11/7/2025	Mueller-Hinton	19,0 gr	475 ml	3	180 ±15 seg	120 °C/ 20 min	46
14/7/2025	Mueller-Hinton	15,5 gr	400 ml	1	180 ±15 seg	120 °C/ 20 min	18

Nota: Registro de fechas y cantidades usadas para preparación de medios de cultivo.

A	B	C	D	E	F	G
Datos a tomarse de inoculación de bacterias						
Fecha	hora de inicio	hora final	Medio de cultivo	Concentracion del aceite esencial	Aislado bacteriano	Repeticiones (#)
16/7/2025	9:00	10:45 a. m.	Mueller-hinton	A.E.O 50%	E. coli ATCC 25922	4
16/7/2025	9:00	10:45 a. m.	Mueller-hinton	A.E.O 50%	Salmonella ATCC 14028	4
16/7/2025	11:00	13:15	Mueller-hinton	A.E.O 100%	E. coli ATCC 25922	4
16/7/2025	11:00	13:15	Mueller-hinton	A.E.O 100%	Salmonella ATCC 14028	4
16/7/2025	14:45	16:15	Mueller-hinton	Oxitetraciclina 30 µg	E. coli ATCC 25922	4
16/7/2025	14:45	16:15	Mueller-hinton	Oxitetraciclina 30 µg	Salmonella ATCC 14028	4
16/7/2025	14:45	16:15	Mueller-hinton	gentamicina 10 µg	E. coli ATCC 25922	4
16/7/2025	14:45	16:15	Mueller-hinton	gentamicina 10 µg	Salmonella ATCC 14028	4

Nota: Datos registrados con los tiempos y fechas incubadas incubaron las muestras de estudio.

A	B	C	D	E	F	G	H
Factor A	Factor B	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO (mm)	
a1: Oxitetraciclina 30 µg	b1: Escherichia	0	0	0	0	0	
	b2: Salmonella	0	0	0	0	0	
a2: Gentamicina 10 µg	b1: Escherichia	21	20	20	19	20	
	b2: Salmonella	21	22	21	7	17,75	
a3: Plectranthus amboinicus 50%	b1: Escherichia	20	16	20	19	19	
	b2: Salmonella	0	0	0	0	0	
a4: Plectranthus amboinicus 100%	b1: Escherichia	16	15	25	21	19,5	
	b2: Salmonella	16	19	24	17	19	

Nota: Tabla con interacción de ambos factores en los halos de inhibición.

 UEB <small>UNIVERSIDAD DEL VALLE</small> <small>BOLIVAR</small>	VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		Código	BBM20250
		INFORME DE RESULTADOS DE TESIS		Versión	1
				Año	2025
				Página	1 de 2

Guaranda, 22 de julio del 2025

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Gilmar Steven Sangucho Moreno -Luis Andrés Jiménez López
Muestras	Hojas de <i>Plectranthus amboinicus</i> (Aceite)
Código asignado UEB	INV 717
Estado de la muestra	Líquido
Envase de recepción	Viales color ámbar
Análisis requerido(s)	Prueba de sensibilidad antimicrobiana y CMI
Fecha de recepción	14 de julio 2025
Fecha de análisis	14 al 22 de julio del 2025
Fecha de informe	22 de julio 2025
Técnico asignado	SXSJ

 UEB <small>UNIVERSIDAD</small> <small>del BÍO-BÍO</small>	VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		Código	BBM20250	
					<small>Versión</small>	1	
				INFORME DE RESULTADOS DE TESIS		Año	2025
						Página	1 de 2

Fecha	#Muestra	Bacteria	Gentamicina 10 µg	Oxitetraciclina 30 µg	A.E.P. a 50%	A.E.P. a 100%
17/07/2025	T1R1	<i>E. coli</i>		N/A		
17/07/2025	T1R2	<i>E. coli</i>		N/A		
17/07/2025	T1R3	<i>E. coli</i>		N/A		
17/07/2025	T1R4	<i>E. coli</i>		N/A		
17/07/2025	T2R1	<i>E. coli</i>	21 mm			
17/07/2025	T2R2	<i>E. coli</i>	20 mm			
17/07/2025	T2R3	<i>E. coli</i>	20 mm			
17/07/2025	T2R4	<i>E. coli</i>	19 mm			
18/07/2025	T3R1	<i>E. coli</i>			20 mm	
18/07/2025	T3R2	<i>E. coli</i>			17 mm	
18/07/2025	T3R3	<i>E. coli</i>			20 mm	
18/07/2025	T3R4	<i>E. coli</i>			19 mm	
18/07/2025	T4R1	<i>Salmonella</i>				16 mm
18/07/2025	T4R2	<i>Salmonella</i>				15 mm
18/07/2025	T4R3	<i>Salmonella</i>				25 mm
18/07/2025	T4R4	<i>Salmonella</i>				21 mm
17/07/2025	T5R1	<i>Salmonella</i>		N/A		
17/07/2025	T5R2	<i>Salmonella</i>		N/A		
17/07/2025	T5R3	<i>Salmonella</i>		N/A		
17/07/2025	T5R4	<i>Salmonella</i>		N/A		
17/07/2025	T6R1	<i>Salmonella</i>	21 mm			
17/07/2025	T6R2	<i>Salmonella</i>	22 mm			
17/07/2025	T6R3	<i>Salmonella</i>	21 mm			

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		Código	BBM20250
			Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS DE TESIS		Año	2025
		Página	1 de 2	

Concentración mínima Inhibitoria (CMI)

Fecha	Bacteria	Concentración de A.E.P. α	Prueba de sensibilidad antimicrobiana
22/07/2025	<i>E. coli</i>	70%	16 mm
22/07/2025	<i>E. coli</i>	50%	15 mm
22/07/2025	<i>E. coli</i>	30%	13 mm
22/07/2025	<i>E. coli</i>	20%	8 mm
22/07/2025	<i>E. coli</i>	10%	N/A
22/07/2025	<i>Salmonella</i>	70%	11 mm
22/07/2025	<i>Salmonella</i>	50%	9 mm
22/07/2025	<i>Salmonella</i>	30%	7 mm
22/07/2025	<i>Salmonella</i>	20%	N/A
22/07/2025	<i>Salmonella</i>	10%	N/A

Nota: En pruebas de concentración mínimas inhibitoria (CMI), se usó agar Mueller-Hinton para inocular e incubar aislados por 24 horas a 35 °C, *Escherichia coli* (ATCC: 25922) y *Salmonella* (ATCC: 14028), para ello se necesita un ajuste de turbidez de McFarland al 0.5, para posteriormente realizar pocillos en donde se añade 20 microlitros de las diferentes concentraciones (70%, 50%, 30%, 20%, 10%) de A.E.P. α (aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*) y de esa manera poder observar la sensibilidad a dichas concentraciones.

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		Código	BBM20250
			Versión	1
			Año	2025
		INFORME DE RESULTADOS DE TESIS	Pagina	1 de 2

17/07/2025	T6R4	<i>Salmonella</i>	7 mm	----	----	----
18/07/2025	T7R1	<i>Salmonella</i>	----	----	N/A	----
18/07/2025	T7R2	<i>Salmonella</i>	----	----	N/A	----
18/07/2025	T7R3	<i>Salmonella</i>	----	----	N/A	----
18/07/2025	T7R4	<i>Salmonella</i>	----	----	N/A	----
18/07/2025	T8R1	<i>Salmonella</i>	----	----	----	16 mm
18/07/2025	T8R2	<i>Salmonella</i>	----	----	----	19 mm
18/07/2025	T8R3	<i>Salmonella</i>	----	----	----	24 mm
18/07/2025	T8R4	<i>Salmonella</i>	----	----	----	17 mm

Nota: Para evaluar la sensibilidad bacteriana de los aislados de *Escherichia coli* (ATCC: 25922) y *Salmonella* (ATCC: 14028), en donde se usó medios de cultivo como Nutri-agar y Mueller-Hinton, para ello se necesita un ajuste de turbidez de McFarland al 0.5 e inocular, su crecimiento bacteriano es sometido a incubación por 24 horas a 35 °C, con el objetivo de determinar resistencia o sensibilidad al A.E.P. *a* (aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*).

 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		Código BBM20250
	INFORME DE RESULTADOS DE TESIS		Versión 1
			Año 2025
			Página 1 de 2



Ing. Favian Bayas Morejón, Ph.D.

Santiago Santos
Elaborado

Ing. Santiago Santos Jara, MSc.

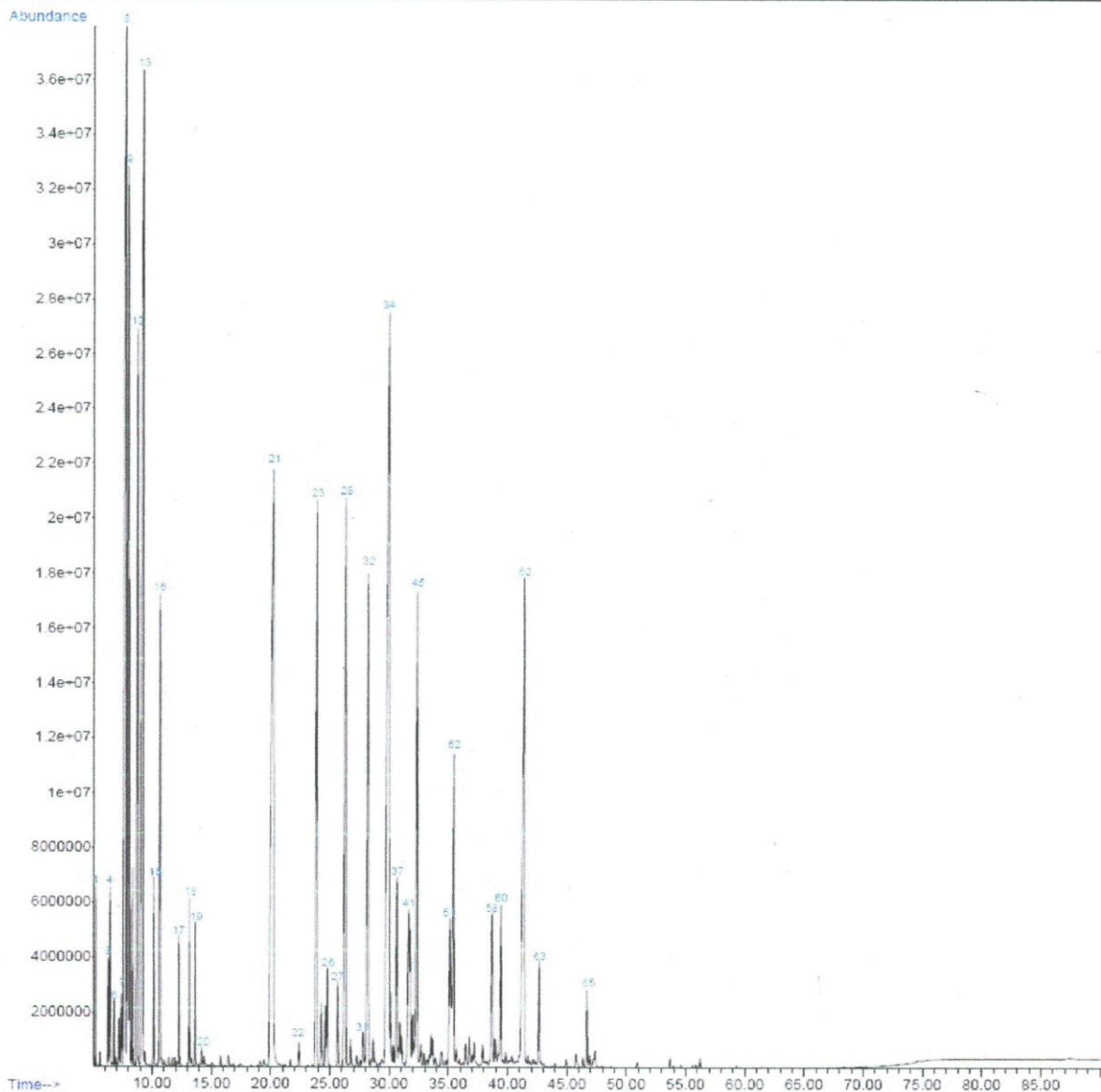
INFORME DE RESULTADOS


INFORME DE ENSAYOS N°226-2025

Descripción de la muestra


Solicitantes	Luis Andrés Jiménez López – Gilmar Steven Sangucho Moreno
Muestra	Aceite de <i>Plectranthus amboinicus</i>
Código asignado UEB	INV 717
Estado de la muestra	Líquido
Envase de recepción	Frasco de vidrio color ámbar con 1.5 mL aprox de muestra
Análisis requerido(s)	Identificación de compuestos volátiles por GC-MS
Fecha de recepción	15 de julio de 2025
Fecha de análisis	22 de julio al 30 de julio de 2025
Fecha de informe	30 de julio de 2025
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS




 UEB UNIVERSIDAD <small>ESTADAL DE BOLÍVAR</small>	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código FPG12-01
		INFORME DE RESULTADOS	Versión 1
			Año 2025
			Página Página 2 de 4

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 B	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 250°C; Modo de inyección: Split 40:1. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C durante 1 minuto, se incrementó de 60°C a 100°C con una rampa de temperatura de 3°C/min durante 2 min; posteriormente se incrementó de 100 °C a 160°C a razón de 2°C /min durante 5 min; finalmente la temperatura se elevó de 160°C a 280°C a razón de 5°C/min durante 15 min. Tiempo total de corrida: 90.333 minutos; Temperatura del detector: 280°C	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	1R- α -Pinene	5,230	0,42
2	Camphene	5,607	0,05
3	Sabinene	6,272	0,31
4	1-Octen-3-ol	6,438	0,75
5	β -mircene	6,771	0,23
6	α -Fellandrene	7,197	0,24
7	3-Carene	7,388	0,4
8	α -Terpinolene	7,728	10,61
9	o-Cymene	7,984	6,68
10	ψ -Limonene	8,074	1,72
11	(E)- β -Ocimene	8,321	0,6
12	Ocimene	8,748	4,47
13	γ -Terpinen	9,217	9,88
14	γ -Terpinen	9,391	0,05
15	Fenchone	10,120	0,63
16	Linalool	10,659	2,48
17	Camphor	12,274	0,46
18	endo-borneol	13,156	0,61

 UNIVERSIDAD ESTADAL DE BOLÍVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		Código	FPG12-01
		Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.		Versión	1
		INFORME DE RESULTADOS		Año	2025
				Página	Página 3 de 4

19	Terpinen-4-ol	13,643	0,53
20	α -terpineol	14,197	0,09
21	Carvacrol	20,212	8,87
22	α -Cubebene	22,368	0,15
23	α -Copaene	23,907	4,42
24	β -Bourbonene	24,279	0,36
25	β -cubebene	24,634	0,3
26	β -Elemene	24,780	0,49
27	α -Gurjunene	25,663	0,46
28	β -Caryophyllene	26,326	4,92
29	β -Copaene	26,751	0,19
30	trans- α -Bergamotene	27,269	0,09
31	Cadina-3,5-diene	27,796	0,26
32	α -Humulene	28,230	4,02
33	cis-Muurola-4(15),5-diene	28,670	0,14
34	Germacrene D	29,993	10,72
35	β -Selinene	30,101	0,36
36	(-)-Bicyclosesquiphellandrene	30,335	0,11
37	Bicyclogermacrene	30,639	1,42
38	Aromandendrene	30,802	0,09
39	α -Muurolene	30,916	0,25
40	8-Isopropenyl-1,5-dimethyl-cyclodeca-1,5-diene	31,054	0,19
41	γ -Cadinene	31,663	1,53
42	Epicubebol	31,765	0,71
43	6-epi-shyobunol	31,964	0,28
44	Calamenene	32,095	0,1
45	δ -Cadinene	32,354	3,71
46	Cadina-1,4-diene	32,666	0,17
47	α -Cadinene	32,940	0,06

 UNIVERSIDAD ESTATA DE BOLÍVAR	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01	
			Versión	1	
		INFORME DE RESULTADOS		Año	2025
				Página	Página 4 de 4

48	4,6,6-Trimethyl-2-2(3-methylbulta-1,3-dienyl)3oxatricyclo{f}octane	33,535	0,18
49	Caryophyllene oxide	33,674	0,14
50	Palustrol	34,425	0,12
51	γ -Muurolene	35,130	1,4
52	Caryophyllene oxide	35,445	2,42
53	α -Elemene	35,672	0,11
54	1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-	36,445	0,14
55	Humulene epoxide II	36,780	0,19
56	epi-Cubenol	37,175	0,17
57	Naphthalene, 1,2,3,4,6,8a-hexahydro-1-isopropyl-4,7-dimethyl-	37,906	0,12
58	T-Cadinol	38,676	1,4
59	δ -Cadinol	38,952	0,19
60	T-Muurolol	39,417	1,02
61	Aromadendrene	39,832	0,07
62	Isoledene	41,385	5,39
63	Benzene, 2-methyl-1,4-bis(1-methylethyl)-	42,642	0,59
64	1,1,7,7a-Tetramethyl-1a,2,6,7,7a,7b-hexahydro-1H-cyclopropa[a]naphthalene	45,754	0,11
65	trans-Calamenene	46,676	0,45
66	1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2,6,7,7a,7b-hexahydro-1,1,7,7a-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alpha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-	46,902	0,08
67	Benzaldehyde, 4-hydroxy-, oxime	47,354	0,12

Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14.L.




Firmado electrónicamente por:
**ERIKA CAROLINA
CORTÉS ROJAS**
Validar únicamente con FirmaRC

Ing. Erika Cortés Rojas MSc.
Técnica de Laboratorio DIVIUEB
ELABORADO




Firmado electrónicamente por:
**SIDRO FAVIAN BAYAS
MOREJÓN**
Validar únicamente con FirmaRC

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
REVISADO

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	IR-DAV
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N° 210

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
Solicitante	Andrés Jiménez - Gilmar Sangucho			
Muestra	Hojas de oreganón (<i>Plectranthus amboinicus</i>)			
Código asignado UEB	INV 626			
Estado de la muestra	Sólido - Fresco			
Envase de recepción	Cartón con aprox. 15.20 kg de contenido de muestra			
Proceso requerido(s)	Obtención de aceite esencial			
Fecha de recepción	16 de junio de 2025			
Fecha de análisis	16 de junio al 11 de julio de 2025			
Fecha de informe	15 de julio de 2025			
Técnico (s) asignado	MFQM			
RESULTADOS OBTENIDOS				
Código de laboratorio	Muestra	Proceso	Técnica	Cantidad de aceite obtenido
INV 626	Hojas frescas de oreganón (<i>Plectranthus amboinicus</i>)	Obtención de aceite esencial	Destilación por arrastre de vapor	5.46 ml


 Ing. María Fernanda Quinteros
**TÉCNICA DE LABORATORIO DIVIUEB
 ELABORADO**


 Ing. Favian Bayas PhD
**DIRECTOR DIVIUEB
 REVISADO**

Anexo 5. Fotografías del trabajo de investigación



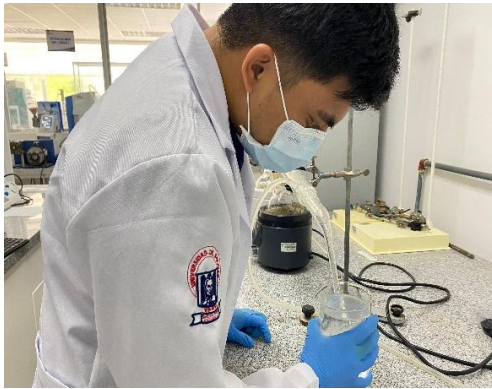
Nota: Recolección de hojas de *Plectranthus amboinicus*.



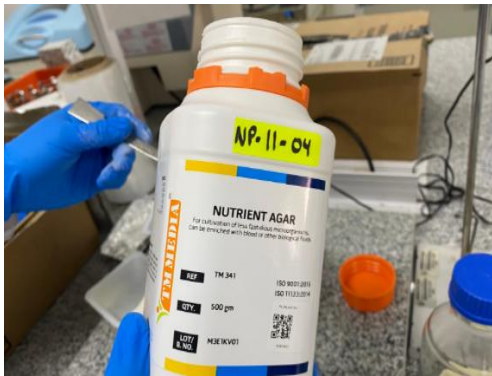
Nota: Limpieza y selección de hojas de *Plectranthus amboinicus* para procedimiento de destilación por arrastre de vapor.



Nota: Utilización y preparación de la muestra mediante el equipo de destilación por arrastre a vapor



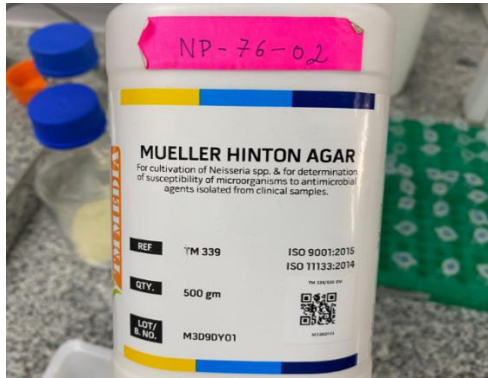
Nota: Obtención del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus*.



Nota: Utilización de 1,5 gr de Nutrient Agar para reactivación de cepas bacterianas ATCC



Nota: Elaboración de medio Agar Nutritivo utilizando agua destilada para su disolución



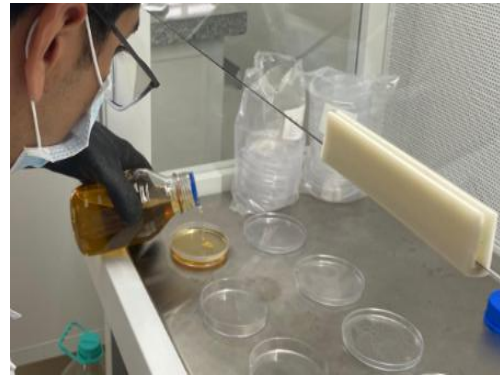
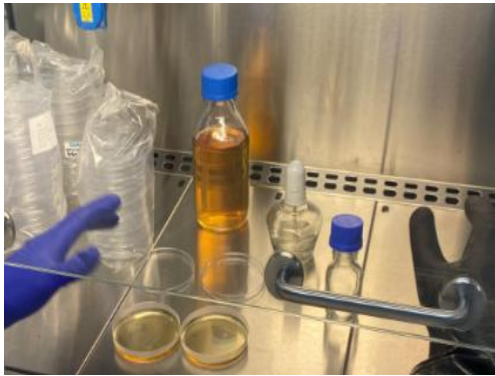
Nota: Utilización de Agar Mueller-Hinton para siembra de placas



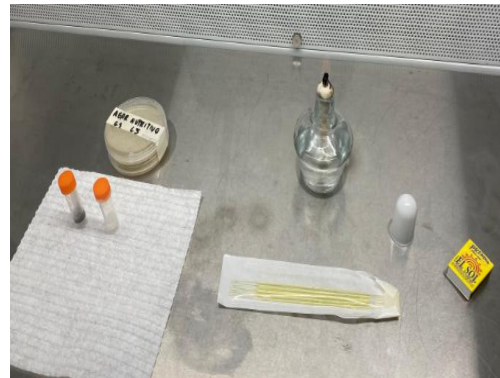
Nota: Elaboración de Agar Mueller-Hinton con agua destilada



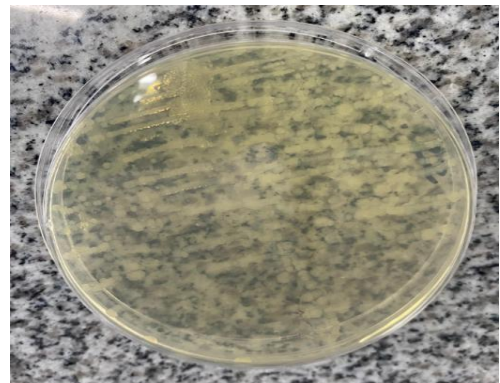
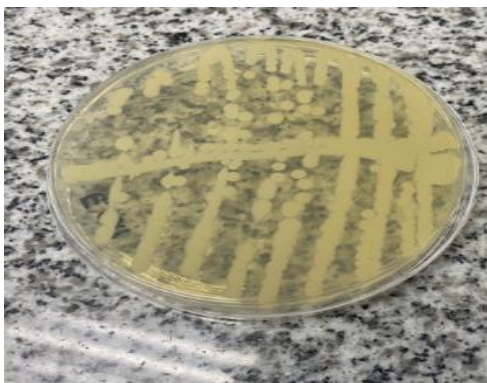
Nota: Utilización de Autoclave a 120 °C/20 minutos, para reactivación de cepas ATCC en Agar Nutritivo y Agar Mueller-Hinton



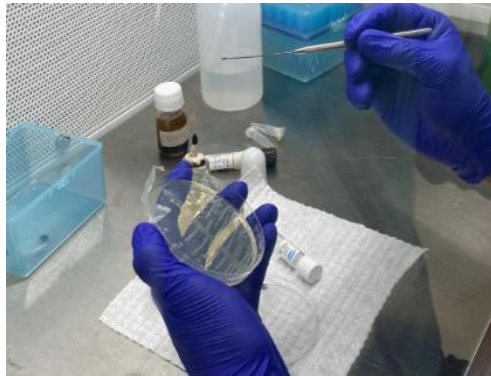
Nota: Colocación de los medios de cultivo en cajas petri desechables



Nota: Refrigeración para el proceso de gelificación y aplicación de materiales para activación de cepas bacterianas



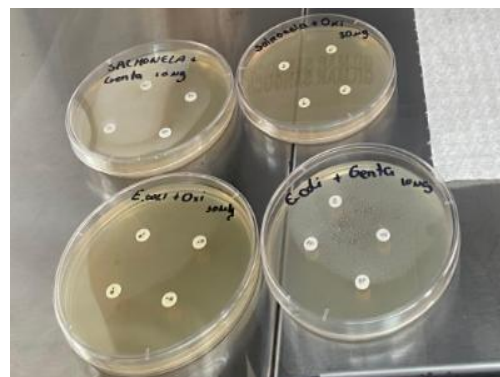
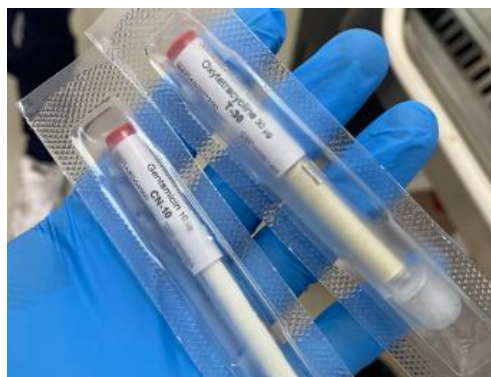
Nota: Visualización de cepas bacterianas izquierda: *Escherichia coli* ATCC 25922; derecha: *Salmonella* ATCC 14028



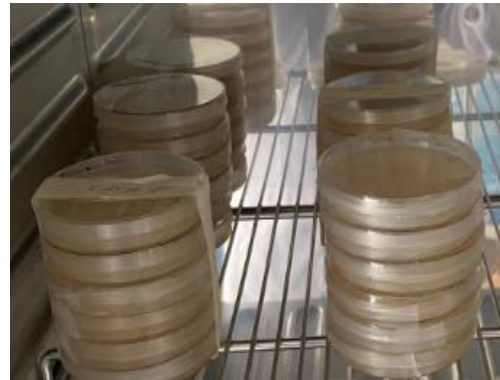
Nota: Realización del inóculo ajustado a una turbidez 0.5 McFarland



Nota: Aplicación de aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* al 50% y 100% dentro de las siembras con Agar Mueller-Hinton hisopadas con las bacterias estudiadas.



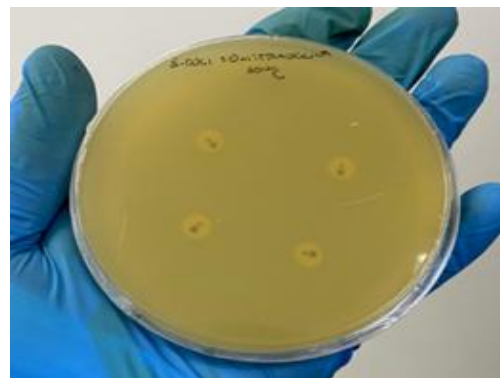
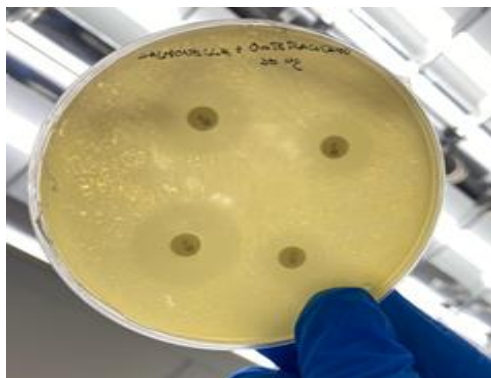
Nota: Utilización de discos con Gentamicina 10 µg y Oxitetraciclina 30 µg como grupo testigo.



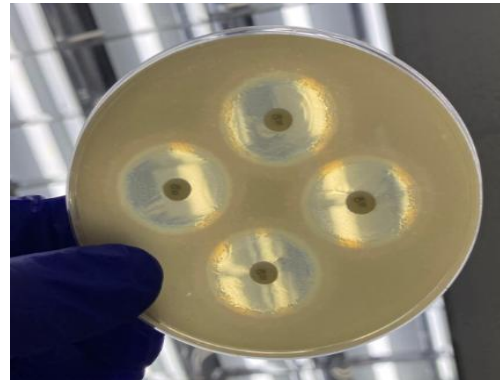
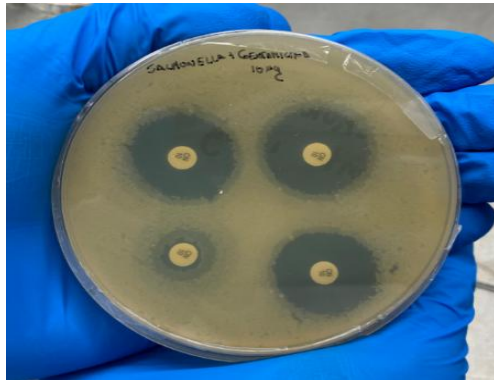
Nota: Colocación de medios a incubadora por un tiempo de 24 H para la proliferación de bacterias y observar su sensibilidad al tratamiento.



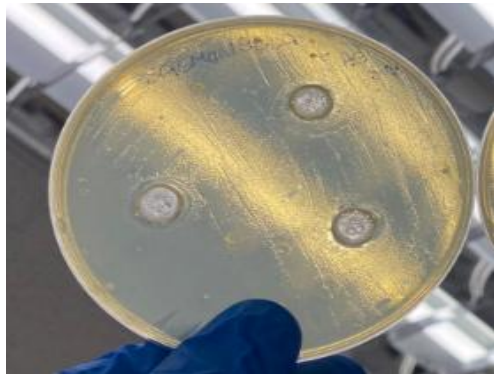
Nota: Visita de campo y exposición de resultados obtenidos.



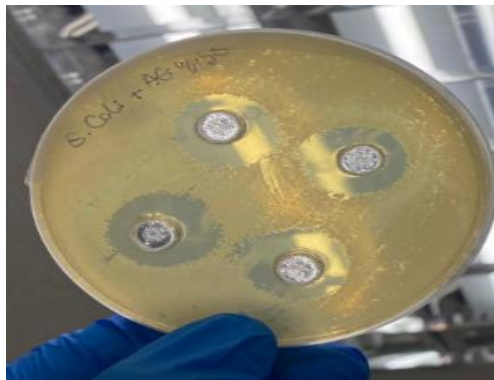
Nota: Visualización de prueba de sensibilidad con discos de Oxitetraciclina 30 µg contra las bacterias tratadas.



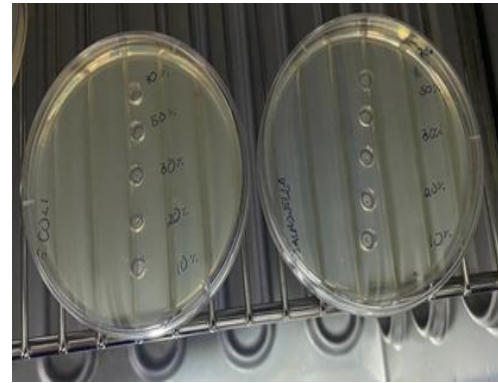
Nota: Visualización de prueba de sensibilidad con discos de Gentamicina 10 µg contra las bacterias tratadas.



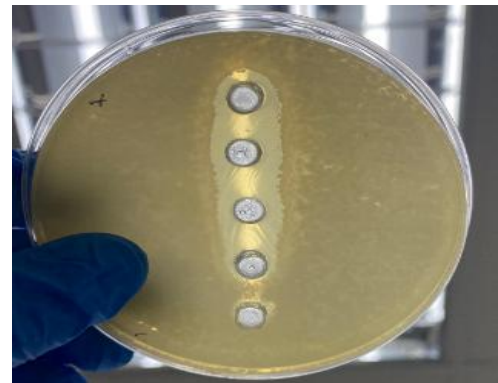
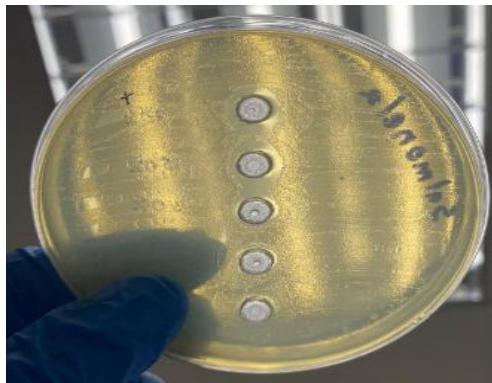
Nota: Visualización de prueba de sensibilidad con aceite esencial de Plectranthus amboinicus al 50% y 100% contra *Salmonella entérica*.



Nota: Visualización de prueba de sensibilidad con aceite esencial de Plectranthus amboinicus al 50% y 100% contra *Escherichia coli*.



Nota: Realización de la concentración mínima inhibitoria (CMI) mediante pocillos.



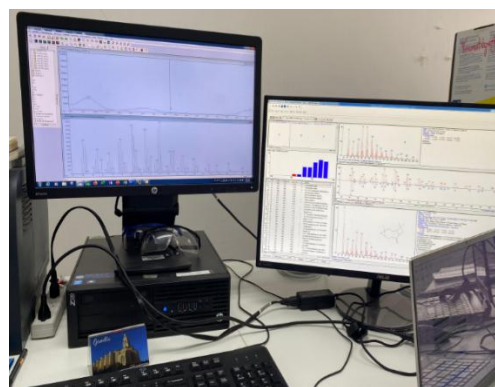
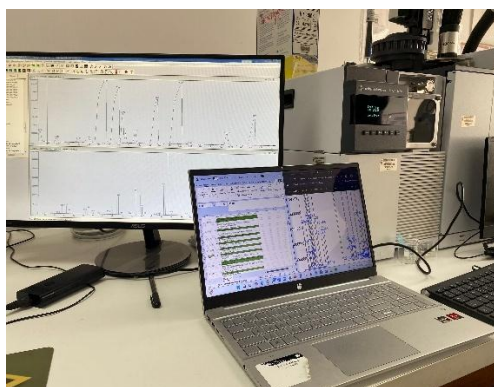
Nota: : Visualización de prueba de sensibilidad con aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* con las diferentes concentraciones realizadas en el CMI frente a las distintas bacterias tratadas.



Nota: Medición de halos de inhibición.



Nota: Preparación de muestra para realización de análisis cromatográfico.



Nota: Realización de análisis cromatográfico comparado con la librería NIST.14.L.

Anexo 6. Fichas de recolección de datos



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

FICHA DE CONTROL DE DATOS

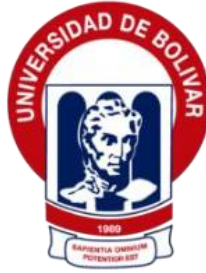
Fecha	Hojas frescas (gr)	Agua destilada (ml)	Tiempo de destilación	Cantidad de aceite final obtenido	Observaciones
23/6/2025	400	800	2:05		Se ajustó la formula obteniendo aceite mediante el tubo decantado a través de 8 destilaciones, para que el aceite esencial sea más visible para su recolección.
23/6/2025	400	800	2:15		
23/6/2025	400	800	2:08		
24/6/2025	400	800	2:05		
24/6/2025	400	800	2:00		
24/6/2025	400	800	2:00		
25/6/2025	400	800	2:05		
25/6/2025	400	800	2:00	1,13	
25/6/2025	400	800	2:00		
26/6/2025	400	800	2:05		
26/6/2025	400	800	2:00		Se ajustó la formula obteniendo aceite mediante el tubo decantado a través de 8 destilaciones, para que el aceite esencial sea más visible para su recolección.
26/6/2025	400	800	2:00		
30/6/2025	400	800	2:05		
30/6/2025	400	800	2:00		
30/6/2025	400	800	2:00		
1/7/2025	400	800	2:05	1,15	
1/7/2025	400	800	2:00		
1/7/2025	400	800	2:00		
2/7/2025	400	800	2:05		
2/7/2025	400	800	2:00		
2/7/2025	400	800	2:00		
3/7/2025	400	800	2:05		Se ajustó la formula obteniendo aceite mediante el tubo decantado a través de 8 destilaciones, para que el aceite esencial sea más visible para su recolección.
3/7/2025	400	800	2:00		
3/7/2025	400	800	2:00	1,13	
7/7/2025	400	800	2:05		
7/7/2025	400	800	2:00		
7/7/2025	400	800	2:00		
8/7/2025	400	800	2:05		
8/7/2025	400	800	2:00		

8/7/2025	400	800	2:00		más visible para su recolección.
9/7/2025	400	800	2:00		
9/7/2025	400	800	2:00	1,12	
9/7/2025	400	800	2:00		Se ajustó la formula obteniendo aceite mediante el tubo decantado a través de 5 destilaciones, para que el aceite esencial sea más visible para su recolección.
10/7/2025	400	800	2:00		
10/7/2025	400	800	2:00		
10/7/2025	400	800	2:00		
11/7/2025	400	800	2:00		
11/7/2025	400	800	2:00	0,93	



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA
FICHA DE CONTROL DE DATOS

Fecha	# Muestra	Halos de inhibición	Observaciones
17/07/2025	T1R1	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T1R2	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T1R3	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T1T4	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T2R1	21 mm	
17/07/2025	T2R2	20 mm	
17/07/2025	T2R3	20 mm	
17/07/2025	T2R4	19 mm	
18/07/2025	T3R1	20 mm	
18/07/2025	T3R2	17 mm	
18/07/2025	T3R3	20 mm	
18/07/2025	T3R4	19 mm	
18/07/2025	T4R1	16 mm	
18/07/2025	T4R2	15 mm	
18/07/2025	T4R3	25 mm	
18/07/2025	T4R4	21 mm	
17/07/2025	T5R1	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T5R2	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T5R3	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T5R4	N/A	No hubo inhibición- Resistente
17/07/2025	T6R1	21 mm	
17/07/2025	T6R2	22 mm	
17/07/2025	T6R3	21 mm	
17/07/2025	T6R4	7 mm	
18/07/2025	T7R1	N/A	No hubo inhibición- Resistente
18/07/2025	T7R2	N/A	No hubo inhibición- Resistente
18/07/2025	T7R3	N/A	No hubo inhibición- Resistente
18/07/2025	T7R4	N/A	No hubo inhibición- Resistente
18/07/2025	T8R1	16 mm	
18/07/2025	T8R2	19 mm	
18/07/2025	T8R3	24 mm	
18/07/2025	T8R4	17 mm	



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

FICHA DE CONTROL DE DATOS

Fecha	Bacteria	Concentraciones (%)	Halos de inhibición	Observaciones
22/7/2025	<i>E. coli</i>	70%	16 mm	
22/7/2025	<i>E. coli</i>	50%	15 mm	
22/7/2025	<i>E. coli</i>	30%	13 mm	
22/7/2025	<i>E. coli</i>	20%	8 mm	
22/7/2025	<i>E. coli</i>	10%	N/A	No hubo presencia de inhibición- Resistente
22/7/2025	<i>Salmonella</i>	70%	11 mm	
22/7/2025	<i>Salmonella</i>	50%	9 mm	
22/7/2025	<i>Salmonella</i>	30%	7 mm	
22/7/2025	<i>Salmonella</i>	20%	N/A	No hubo presencia de inhibición- Resistente
22/7/2025	<i>Salmonella</i>	10%	N/A	No hubo presencia de inhibición- Resistente

Anexo 7. Glosario de términos técnicos.

Agar Mueller-Hinton: Medio de cultivo estandarizado utilizado para determinación de pruebas de sensibilidad antimicrobiana en bacterias.

Arrastre de vapor: Técnica de extracción de aceites esenciales mediante vapor de agua de manera indirecta, separando compuestos volátiles.

Cepa: Subpoblación de microorganismos derivada de una única célula madre, utilizada en investigación.

Cromatografía de gases: Técnica analítica para separar e identificar compuestos volátiles de una mezcla.

Difusión en disco: Método para evaluar la sensibilidad bacteriana mediante discos impregnados con sustancias activas.

Efecto prooxidante: Mecanismo por el cual ciertos compuestos inducen daño en la membrana bacteriana por oxidación.

Enterobacteriaceae: Familia de bacterias gramnegativas, comúnmente implicadas en infecciones intestinales.

Espectrometría de masas: Técnica que permite identificar compuestos a partir de su masa molecular acoplado a la cromatografía.

Fitoconstituyente: Sustancia química natural presente en plantas con actividad biológica.

Inóculo: Suspensión de microorganismos utilizada para iniciar un cultivo.

Kirby-Bauer: Técnica de sensibilidad antimicrobiana que mide halos de inhibición alrededor de discos.

McFarland: Estándar de turbidez que permite ajustar la concentración bacteriana en ensayos microbiológicos.

Monoterpenos: Grupo de compuestos orgánicos con actividad antimicrobiana, comunes en aceites esenciales.

Plectranthus amboinicus: Planta medicinal conocida como oreganon, con presencia de propiedades antimicrobianas.

Resistencia bacteriana: Capacidad de una bacteria para sobrevivir frente a un antibiótico.

Sesquiterpenos: Compuestos terpénicos con potencial antimicrobiano y antiinflamatorio.

Sinergismo: Efecto conjunto entre dos sustancias que produce una acción mayor que la suma de sus efectos individuales.

Suspensión bacteriana: Mezcla homogénea de bacterias en solución, lista para ser inoculada.