



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Medicina Veterinaria y Zootecnia

TESIS DE LICENCIATURA

Evaluación estacional de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* contra bacterias de importancia en salud animal.

Para obtener el título de Médico Veterinario y Zootecnista.

Presenta

Belén Rodríguez Mesas

Director

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

Codirector

Dra. Nallely Rivero Perez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Medicina Veterinaria y Zootecnia

TESIS DE LICENCIATURA

**Evaluación estacional de la actividad antibacteriana del aceite esencial
de *Eucalyptus cinerea* contra bacterias de importancia en salud animal.**

Para obtener el título de Médico Veterinario y Zootecnista.

Presenta

Belén Rodríguez Mesas

Director

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

Codirector

Dra. Nallely Rivero Perez

Asesores

Dra. Ninfa Ramírez Duran

Dr. Benjamín Valladares Carranza

M en C. Ana Lizet Morales Ubaldo



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Academic Area of Veterinary Medicine and Zootechnics

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, a 17 de octubre del 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia **Belén Rodríguez Mesas**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Evaluación estacional de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* contra bacterias de importancia en salud animal”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE Dra. Ninfa Ramírez Durán

SECRETARIO Dr. Adrian Zaragoza Bastida

VOCAL 1 Dra. Nallely Rivero Pérez

VOCAL 2 Dr. Benjamín Valladares Carranza

SUPLENTE 1 M en C. Ana Lizet Morales Ubaldo

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dra. Maricela Ayala Martínez
Coordinadora de Programa
Educativo de Medicina Veterinaria
y Zootecnia.

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México, C.P. 43775.
Teléfono: 7717172001 Ext. 42105
mvzjefatura@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, quisiera expresar mi agradecimiento a Dios por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para culminar mi licenciatura y por poner en mi camino personas que me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso.

También me gustaría agradecerles infinitamente a mis padres, Ana Belén y Ricardo y a mi hermano Manuel por ser siempre mi apoyo, por su paciencia, por demostrarme su amor y cariño en cada etapa, por siempre sentirse orgullosos de mí y compartir y celebrar mis logros y abrazarme en mis fracasos. Toda la fé que depositaron sobre mí fue el pilar que sostenía mis sueños para poder alcanzar esta meta. Igualmente me gustaría agradecer a mis abuelos, quienes también estuvieron presentes en mi desarrollo como profesional, agradezco que siempre estuvieron presentes en cada paso que daba.

A los Doctores, Adrian y Nallely por estar presentes en mi formación como Médico Veterinario. Agradezco profundamente que me dejen ser parte de su equipo de investigación, por brindarme siempre sus conocimientos, su experiencia, y por dejarme seguir aprendiendo un poco más de ambos. No tengo palabras para expresar toda la gratitud que siento hacia ustedes.

A la Dra. Liz y la Dra. Jess, por siempre ser amables en mi aprendizaje, agradezco mucho poder trabajar a lado de ustedes, son una inspiración muy grande que me motiva para seguir trabajando arduamente en esta área. Gracias por siempre estar involucradas, por su dedicación, por su tiempo y por su amistad, que es algo que aprecio y valoro mucho. Esta tesis no sería lo que es sin sus constantes observaciones, comentarios y recomendaciones.

Finalmente me gustaría darle las gracias a mi eterno compañero Samuel Martínez, tu motivación constante, tu paciencia incansable y tu amor que pinta y abraza mis días más difíciles, quiero que sepas que tu presencia fue parte fundamental para concluir este proyecto que parecía eterno. Gracias por ser el impulso de mi día a día, eres el alma más noble y bondadosa que conozco. Te amo y afortunadamente con tanta seguridad puedo decirte que compartiremos más sueños y metas y celebraremos más triunfos, siempre juntos de la mano.

DEDICATORIAS

A cada una de las personas que estuvieron a mi lado, por ser mi fortaleza, inspiración y motivación.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	6
I. INDICE DE CUADROS.....	ii
II. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	iii
III. RESUMEN.....	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Resistencia antimicrobiana.....	3
2.2 Mecanismos de resistencia a los antibióticos.....	5
2.2.1 Inactivación de fármacos.....	6
2.2.3 Modificaciones de los sitios de acción.....	6
2.2.4 Bombas de eflujo.....	7
2.3 Bacterias de importancia en salud animal.....	7
2.3.1 <i>Escherichia coli</i>	8
2.3.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	9
2.3.3 <i>Enterococcus</i> spp.....	9
2.3.4 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	10
2.3.5 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10
2.3.6 <i>Serratia liquefaciens</i>	11
2.4 Plantas medicinales	11
2.4.1 Aceites esenciales.....	11
2.4.1.1 Terpenos	12
2.4.2 <i>Eucalipto</i>	12
2.4.2.1 Descripción y distribución	12
2.4.2.2 Clasificación taxonómica	13
2.4.2.3 Composición química del aceite esencial de <i>Eucalipto</i>	13
2.4.2.4 Propiedades medicinales	13
2.4.2.5 Propiedades farmacológicas.....	14
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16

4.	JUSTIFICACIÓN	17
5.	HIPÓTESIS	18
6.	OBJETIVOS	19
6.1	Objetivo General	19
6.2	Objetivos específicos	19
7.	MATERIALES Y MÉTODOS	20
7.1	Material vegetal.....	20
7.1.1	Secado del material vegetal.....	20
7.1.2	Extracción del aceite esencial	20
7.2	Cepas bacterianas	20
7.3	Prueba de esterilidad	21
7.4	Reactivación de cepas bacterianas	21
7.5	Preparación del inóculo	21
7.6	Actividad antibacteriana.....	21
7.6.1	Prueba de difusión en disco.....	22
7.6.2	Concentración Mínima Inhibitoria	22
7.6.3	Concentración Mínima Bactericida.....	23
7.7	Análisis estadístico	23
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
9.	CONCLUSIÓN	29
10.	REFERENCIAS.....	30
11.	ANEXOS.....	30
	Participaciones en eventos académicos.....	30
	Memorias en extenso.....	38
	Reconocimientos en congresos	48

I. INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Lista actualizada de patógenos prioritarios publicada por la OMS en 2024....	8
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de Eucalipto dólar (<i>Eucalyptus cinerea</i>).	13
Cuadro 3. Rendimiento del aceite esencial de <i>E.cinerea</i> obtenido de las cuatro estaciones del año.	24
Cuadro 4. Halos de inhibición del aceite esencial de <i>E.cinerea</i> sobre bacterias Gram positivas evaluadas.	27
Cuadro 5. Halos de inhibición del aceite esencial de <i>E.cinerea</i> sobre bacterias Gram negativas evaluadas.	27
Cuadro 6. Concentración Mínima Inhibitoria y Concentración Mínima Bactericida del aceite esencial de <i>E.cinerea</i> obtenido de verano y primavera sobre <i>S. aureus</i> y <i>E. coli</i> . .	28

II. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Significado
ATCC	Colección Americana de cultivos de referencia (por sus siglas en inglés: American Type Culture Collection)
AE	Aceite Esencial
RAM	Resistencia a los Antimicrobianos
CMI	Concentración Mínima Inhibitoria
CMB	Concentración Mínima Bactericida

III. RESUMEN

La resistencia a los antimicrobianos es una problemática a nivel mundial que amenaza la salud pública. Actualmente, la medicina tradicional ha llamado la atención del gremio científico, ya que se conoce que las plantas poseen metabolitos secundarios, los cuales son los que les otorgan sus propiedades biológicas. Se han estudiado extractos vegetales y aceites esenciales, con el objetivo de proponerlos como alternativas farmacológicas contra la resistencia a los antimicrobianos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* contra bacterias de importancia en salud animal durante las cuatro estaciones del año, por medio de técnicas bacteriológicas para proponerlo como una alternativa de tratamiento. Los aceites esenciales fueron extraídos mediante la técnica de arrastre de vapor. La actividad antibacteriana se determinó por medio de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB). El aceite esencial de *E. cinerea* obtenido de la época de verano demostró mejor actividad sobre las bacterias Gram positivas, específicamente sobre *S. aureus*, generando halos de inhibición de 22 mm, mientras que para *E. faecium*² y *E. faecalis* generó halos de 20 mm. A diferencia de las bacterias Gram negativas sobre las cuales no se observaron halos de inhibición relevantes, únicamente se evidenció actividad antibacteriana sobre *S. maltophilia* y *S. liquefaciens* con medidas de halos de inhibición de 20 mm y 9 mm respectivamente. *E. coli* demostró mejor actividad inhibitoria en la época de primavera, mientras que para *S. aureus* se evidenció una actividad bactericida de 2.50 mg/mL en la misma época. Estos resultados ponen en evidencia la capacidad antibacteriana que posee el aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* como una posible alternativa de tratamiento ante la problemática que enfrentamos actualmente.

Palabras clave: *Eucalyptus cinerea*, actividad antibacteriana, aceite esencial, resistencia antimicrobiana.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance is a global problem that threatens public health. Traditional medicine has recently attracted the attention of the scientific community, as it is known that plants possess secondary metabolites, which give them their biological properties. Plant extracts and essential oils have been studied with the aim of proposing them as pharmacological alternatives against antimicrobial resistance. The aim of this research was to evaluate the antibacterial activity of *Eucalyptus cinerea* essential oil against bacteria important for animal health during the four seasons of the year, using bacteriological techniques to propose it as a treatment alternative. The essential oils were extracted using the vapor stripping technique. Antibacterial activity was determined using the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and the Minimum Bactericidal Concentration (MBC). The essential oil of *E. cinerea* obtained during the summer season demonstrated greater activity against Gram-positive bacteria, specifically *S. aureus*, generating inhibition zones of 22 mm, while for *E. faecium* and *E. faecalis* it generated zones of 20 mm. Unlike Gram-negative bacteria, for which no significant inhibition zones were observed, antibacterial activity was only evident against *S. maltophilia* and *S. liquefaciens*, with inhibition zones of 20 mm and 9 mm, respectively. *E. coli* demonstrated greater inhibitory activity in the spring season, while for *S. aureus*, bactericidal activity of 2.50 mg/mL was observed during the same season. These results demonstrate the antibacterial capacity of *Eucalyptus cinerea* essential oil as a potential treatment alternative for the current problem we face.

Keywords: *Eucalyptus cinerea*, antibacterial activity, essential oil, antimicrobial resistance.

1. INTRODUCCIÓN

Los antibióticos son fármacos utilizados para tratar y prevenir infecciones en los seres humanos, animales y plantas, siendo de gran utilidad para preservar la salud. A lo largo del tiempo, el uso excesivo, prolongado e indiscriminado de estos fármacos ha hecho que las bacterias evolucionen y en consecuencia a esto sean capaces de evadir el mecanismo de acción de estos, haciendo más difícil establecer un tratamiento correcto. Esto se vuelve preocupante ya que mientras más bacterias se vuelvan resistentes más antibióticos se hacen ineficaces, dejando sin alternativas de tratamiento al sector salud. Debido a esta gran problemática, las investigaciones han puesto su atención en las plantas medicinales, sus extractos y sus aceites esenciales como una propuesta para obtener nuevos tratamientos (OMS, 2023).

Los aceites esenciales son mezclas complejas de sustancias biológicamente activas que comúnmente son utilizadas en productos comerciales, por ejemplo, como aromatizantes, en la industria de la belleza e incluso en la industria farmacéutica, aunque recientemente se ha observado que cuentan con actividad antimicrobiana, antifúngica y antioxidante (Soliman *et al.*, 2014).

Nativo de Australia, el género Eucalipto pertenece a la familia *Myrtaceae*, siendo uno de los géneros más plantados a nivel mundial. Es cultivado principalmente por su madera, como un árbol de ornato, y la obtención de aceites esenciales, los cuales han presentado propiedades medicinales y usos terapéuticos. Existen reportes que hablan de los compuestos del aceite esencial del Eucalipto, a los que se les atribuye la actividad antibacteriana, antiséptica, antipirética y analgésica. Dentro de las 900 especies que abarca este género, se encuentra *Eucalyptus cinerea*, el cual es un árbol de tamaño mediano-grande, cuyo aceite esencial se ha comercializado en diversas industrias, destacando en la industria de los perfumes y fragancias, aunque también se ha descrito y reportado que su principal compuesto 1,8-cineol (eucaliptol) es el responsable de sus propiedades antibacterianas (Silva *et al.*, 2011).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* contra bacterias de importancia en salud animal durante las cuatro estaciones del año, por medio de técnicas bacteriológicas para proponerlo como una alternativa de tratamiento.

2. ANTECEDENTES

2.1 Resistencia antimicrobiana

A lo largo de los últimos años, la resistencia antimicrobiana se ha considerado como una crisis de salud pública a nivel mundial que día tras día amenaza la habilidad de combatir exitosamente las infecciones bacterianas. La mayoría de los agentes infecciosos que alguna vez fueron tratados con los antibióticos comunes, actualmente han adquirido resistencia a algunos de ellos y en otros casos más graves, a todos (McEwen & Collignon, 2018).

La aparición de patógenos farmacorresistentes se vuelve una problemática alarmante, ya que sin antimicrobianos eficaces, pacientes sometidos a cirugías o que reciben quimioterapia se ven comprometidos en mayor grado. Además de ser una amenaza a la salud pública, la resistencia a los antimicrobianos también es una problemática a nivel económico, ya que las estancias intrahospitalarias se vuelven más largas y se necesitan fármacos más costosos (OMS, 2021).

Se le atribuyen alrededor de 700,000 decesos anuales en todo el mundo, se teme que esta cifra pueda aumentar a 10 millones de muertes anuales para 2050, convirtiéndose en la primera causa de muerte. La resistencia a los antibióticos se define como la capacidad que tienen o que desarrollaron las bacterias para evadir los mecanismos que los fármacos tienen sobre ellas. Esto se debe al excesivo, indiscriminado y mal uso que se les ha dado a los antibióticos (Christaki *et al.*, 2019).

Algunos de los mecanismos por los cuales las bacterias adquieren resistencia, son los siguientes (**Figura 2**):

1. Intrínseca: resistencia exhibida debido a las propiedades inherentes o naturales de la bacteria.
2. Adquirida: esta se define como la resistencia exhibida cuando una bacteria sensible adquiere un mecanismo de resistencia ya sea por mutación o adquisición de nuevo material genético de una fuente externa, a esto se le conoce como transferencia horizontal de genes.

La transferencia horizontal de genes comprende tres mecanismos principales (**Figura 1**):

- a. Transformación: Es la recombinación genética en la cual fragmentos de ADN de una bacteria muerta ingresan a una bacteria receptora integrándose en su cromosoma.
 - b. Transducción: Se define como la transferencia de material genético entre una bacteria donadora y una receptora, esto ocurre mediante un virus bacteriófago.
 - c. Conjugación: Este mecanismo implica la transferencia de material genético de una bacteria a otra por contacto directo. El ensamblaje de múltiples genes de resistencia en un sólo plasmado está mediado por elementos genéticos móviles.
- *Plásmidos*: La resistencia inducida por plásmidos representa la mayor parte de la propagación de la resistencia. Se describen como moléculas de ADN autónomas que son capaces de autotransmitirse entre células, y que además cuentan con la capacidad de movilizar las partes del cromosoma a través del proceso llamado recombinación de alta frecuencia (Rozwandowicz, 2018; Palma *et al.*, 2020).
 - *Transposones*: Son capaces de cambiar su posición dentro de la misma molécula de ADN, aunque también puede saltar entre varias moléculas de ADN, incluyendo a los plásmidos. Los transposones son los responsables de que el genoma microbiano obtenga su flexibilidad (Palma *et al.*, 2020).
 - *Integrones*: Son importantes en la propagación de genes de resistencia en patógenos transmitidos por el agua. Contienen un sistema de recombinación específico del sitio, lo cual les permite capturar, expresar e intercambiar casetes de genes (Kaushik *et al.*, 2019).

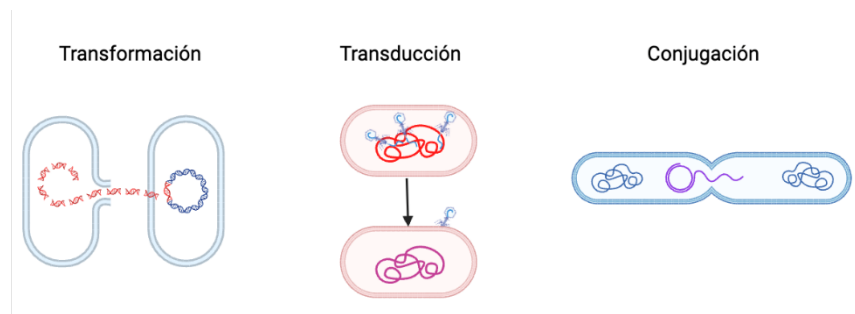


Figura 1. Mecanismos involucrados en la transferencia horizontal de genes (Elaboración propia)

3. Adaptativa: Es la resistencia a uno o más antibióticos, es inducida por una señal ambiental específica (estrés, estado de crecimiento, pH, etc). Este tipo de resistencia es transitoria, es decir, vuelve al estado original una vez que se elimina la señal inductora.

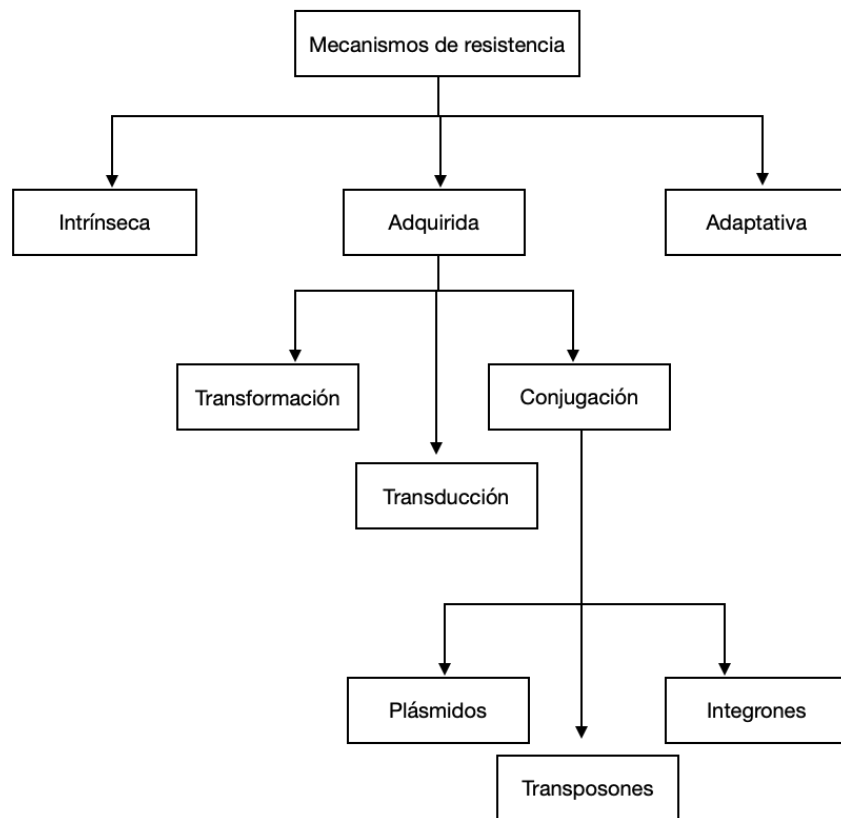


Figura 2. Mecanismos mediante los cuales las bacterias adquieren genes de resistencia (Elaboración propia).

2.2 Mecanismos de resistencia a los antibióticos.

Las bacterias se vuelven cada vez más resistentes a los antibióticos desarrollando mecanismos de resistencia que impiden que el antibiótico ejerza su mecanismo de acción. Destacan 4 mecanismos principales:

2.2.1 Inactivación de fármacos

Las bacterias son capaces de sintetizar enzimas que hidrolizan al antimicrobiano. Las más conocidas son las betalactamasas, estas enzimas hidrolizan la unión peptídica endocíclica del anillo betalactámico. Las betalactamasas fueron descritas en 1940, un año antes de que la penicilina fuera introducida a la práctica médica. Existen continuas mutaciones que producen expresión de betalactamasas de espectro extendido (BLEE), las cuales producen resistencia a las cefalosporinas de tercera generación. Para combatir la resistencia a estos fármacos, se les añade un inhibidor enzimático, como por ejemplo el clavunato o el sulbactam. También existen las enzimas modificadoras de aminoglucósidos, estas enzimas median la acetilación, fosforilación o adenilación de los aminoglucósidos. Alteran la estructura química de dichos fármacos, reduciendo así su afinidad por su sitio diana o impidiendo la unión ribosomal, haciendo que se vuelva ineficaz (Moreno M *et al.*, 2009; Christaki *et al.*, 2019; Gauba & Rahman, 2023).

2.2.2 Limitación de flujo de antibióticos

Este es un mecanismo empleado por varias bacterias Gram negativas. Implica limitar el flujo del antibiótico logrando su ineficacia. Las bacterias Gram negativas están cubiertas por una membrana externa que les otorga permeabilidad a diversas sustancias, incluidos los antibióticos. La remodelación de membrana es un proceso importante por el cual las bacterias regulan o eliminan componentes específicos, como lípidos y proteínas para poder adaptarse. Las principales proteínas que se van modificando son las porinas, las cuales juegan un papel importante como vía de entrada de ciertos fármacos hidrofílicos como lo son los betalactámicos, fluoroquinolonas, tetraciclinas y cloranfenicol (Christaki *et al.*, 2019; Abushaheen *et al.*, 2020; Gauba & Rahman, 2023).

2.2.3 Modificaciones de los sitios de acción

Las proteínas fijadoras de penicilina (PBP), son el principal sitio de acción de los betalactámicos. Éstas permiten la síntesis de peptidoglicano, si se produce una mutación en estos sitios de unión, dichos fármacos se vuelven ineficaces. Otra modificación que se

conoce es en los ribosomas, se describe tanto en bacterias Gram positivas como en Gram negativas, las proteínas Qnr median la resistencia a las quinolonas, mientras que los genes RmtA y RmtB la de los macrólidos.

La producción masiva del sitio diana, en cuanto a este mecanismo de resistencia se ha descrito la sobreproducción de dihidrofolato reductasa como causa de resistencia al trimetoprim en *Escherichia coli*.

Las bacterias Gram negativas han sido capaces de desarrollar enzimas modificadoras del lípido A. Cuando se añaden grupos de azúcar, la carga negativa del lípido A disminuye, por lo tanto también disminuye su capacidad para unirse a los péptidos antimicrobianos catiónicos, reduciendo de tal manera las interacciones electrostáticas, los antibióticos como las polimixinas son dependientes de esas interacciones electrostáticas con la membrana externa de la bacteria para alterar la membrana, por lo tanto, al modificarse el lípido A, las bacterias evaden a eficacia de los fármacos (Moreno M *et al.*, 2009; Christaki *et al.*, 2019; Abushaheen *et al.*, 2020; Gauba & Rahman, 2023).

2.2.4 Bombas de eflujo

Las proteínas de bombas de flujo se encuentran en la membrana citoplasmática de las bacterias Gram positivas y Gram negativas. Estas bombas tienen como función la señalización intercelular, los procesos asociados con la virulencia microbiana y la eliminación de metabolitos no deseados y sustancias tóxicas de la célula. Las bombas pueden ser específicas para un sustrato o transportar varios compuestos estructuralmente diferentes (Santajit & Indrawattana, 2016; Lorusso *et al.*, 2022).

2.3 Bacterias de importancia en salud animal

El aumento de patógenos resistentes a los antimicrobianos asociados con infecciones nosocomiales ha tomado importancia en la salud pública a nivel mundial. Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos de América y la Organización Mundial de la Salud han categorizado a los patógenos resistentes a los antimicrobianos, los patógenos ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas*

aeruginosa y *Enterobacter* spp), gracias a la mutación de genes y la adquisición de genes, estas bacterias han sido capaces de volverse resistentes a diversos fármacos como las fluoroquinolonas, tetraciclinas, betalactámicos, carbapenémicos, glucopéptidos y polimixinas (Santajit & Indrawattana, 2016; De Oliveira *et al.*, 2020). En 2024, la Organización Mundial de la Salud actualizó la lista de patógenos bacterianos que son prioritarios, dentro de esta lista hacen aparición 15 familias de bacterias resistentes a los antibióticos, que son clasificadas en 3 categorías (**Cuadro 1**)(OMS, 2024).

Cuadro 1. Lista actualizada de patógenos prioritarios publicada por la OMS en 2024.

Prioridad	Bacterias
Crítica	• <i>Acinetobacter baumannii</i> resistente a los carbapenémicos.
	• Enterobacteriales resistentes a las cefalosporinas de tercera generación.
	• Enterobacteriales resistentes a los carbapenémicos.
	• <i>Mycobacterium tuberculosis</i> resistente a la rifampicina
Alta	• <i>Salmonella Typhi</i> resistente a las fluoroquinolonas.
	• <i>Shigella</i> spp. resistente a las fluoroquinolonas.
	• <i>Enterococcus faecium</i> resistente a la vancomicina.
	• <i>Pseudomonas aeruginosa</i> resistente a los carbapenémicos.
	• Salmonelas no tifoideas resistentes a las fluoroquinolonas.
	• <i>Neisseria gonorrhoeae</i> resistentes a las cefalosporinas de tercera generación y/o a las fluoroquinolonas.
Media	• <i>Staphylococcus aureus</i> resistente a la meticilina
	• Estreptococos del grupo A resistentes a los macrólidos.
	• <i>Streptococcus pneumoniae</i> resistente a los macrólidos.
	• <i>Haemophilus influenzae</i> resistente a la ampicilina.
	• Estreptococos del grupo B resistente a los macrólidos

2.3.1 *Escherichia coli*

Es una bacteria Gram negativa en forma de bastón que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*; este patógeno forma parte de la microbiota intestinal de los animales y seres humanos (Jang *et al.*, 2017).

Se disemina a través de las heces, siendo la responsable de enteritis, infecciones en tracto urinario y sepsis en los seres humanos; mientras que en los animales es la causante de infecciones que van más allá del tracto gastrointestinal, por ejemplo; mastitis.

De acuerdo con la OMS, la resistencia a las cefalosporinas de tercera generación, fluoroquinolonas y carbapenémicos ha incrementado en diversas regiones, particularmente en países en vías de desarrollo (McEwen & Collignon, 2018).

2.3.2 *Staphylococcus aureus*

Es una bacteria Gram positiva en forma de coco que posee un característico color dorado. Al igual que *Escherichia coli* es un patógeno considerado parte de la microbiota de los animales y seres humanos (Cheung *et al.*, 2021). Es reconocido por ser el causante de mastitis en el ganado e infecciones dermatológicas en pequeñas especies. Hoy en día, *Staphylococcus aureus* ha demostrado ser resistente a la meticilina, a la mayoría de los betalactámicos tradicionales como la penicilina, que es uno de los fármacos más utilizados. Siendo vancomicina el último recurso para tratar una infección causada por este patógeno (McEwen & Collignon, 2018).

2.3.3 *Enterococcus spp.*

Existen al menos 41 especies de este género, la mayoría se encuentra en el tracto gastrointestinal de mamíferos y aves. Son agentes oportunistas, es decir, colonizan zonas que se encuentran comprometidas para poder infectarlas. La morfología de los Enterococos es variable, puede ser esférica o un bacilo corto y son bacterias Gram positivas. Las especies más comunes son *Enterococcus faecalis* y *Enterococcus faecium*, a las cuales se les asocia por ser las causantes de varias infecciones, incluyendo bacteremias, endocarditis, peritonitis e infecciones urinarias.

Son bacterias resistentes a los betalactámicos, aminoglicósidos, clindamicina, fluoroquinolonas y sulfas-trimetoprim (Stewart, 2011).

2.3.4 *Stenotrophomonas maltophilia*

Es una bacteria Gram negativa que se encuentra ampliamente distribuida en el medio ambiente. Es considerada como una bacteria oportunista y causante de múltiples infecciones sobretodo en los hospitales. Es frecuentemente aislada en seres humanos que se enfrentan a enfermedades respiratorias crónicas. Es naturalmente resistente a diversos antibióticos como los betalactámicos, aminoglucósidos y fluoroquinolonas (Millán-Díaz *et al.*, 2017; Gil-Gil *et al.*, 2020).

2.3.5 *Pseudomonas aeruginosa*

Se calcula que existen más de 200 especies y subespecies del género *Pseudomonas*, la más común en medicina veterinaria es *Pseudomonas aeruginosa*. Es causante de diversas infecciones en animales, seres humanos y plantas, en perros y gatos se asocia con otitis externa, infecciones en el tracto urinario bajo, pioderma y ocasionalmente se puede hallar en infecciones oculares. Es un patógeno Gram negativo, oportunista que es capaz de proliferar en diversos ambientes. Es más común encontrarla en ambientes húmedos y mal ventilados dentro de los hospitales, especialmente en quirófanos; por ejemplo, en las mangueras de anestesia que no son lavadas y ventiladas correctamente.

Posee una resistencia natural a muchos antibióticos y puede mutar a cepas más resistentes durante el tratamiento. El principal mecanismo de resistencia de esta *Pseudomonas* es la mutación de las porinas, la alteración de las proteínas configuran la pared de los poros con el objetivo de impedir el flujo al interior de la célula. Otro mecanismo es la síntesis de lactamasas, las cuales inactivan a los betalactámicos como penicilinas, cefalosporinas y carbapenémicos (Narayanan, 2013; Murray *et al.*, 2025).

2.3.6 *Serratia liquefaciens*

Serratia es un género bacteriano Gram negativo que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Este género está compuesto por 22 especies que pueden estar en varios ambientes y huéspedes como suelo, insectos, plantas, agua y materias primas alimentarias. La especie más estudiada es *S. marcescens* debido a su participación en infecciones nosocomiales. Mientras que *S. liquefaciens* es una especie poco estudiada y se encuentra estrechamente relacionada con el deterioro de los alimentos (Begrem et al., 2021).

2.4 Plantas medicinales

Las plantas medicinales han sido usadas desde tiempos antiguos como remedios naturales para tratar y evitar enfermedades. En México, el uso de la herbolaria medicinal es una práctica bastante accesible, normalmente se utilizan las hojas, flores, tallos y raíces. Éstas pueden ser ingeridas de diversas formas; maceradas, en infusiones o té, entre otras formas. Si bien, son un remedio útil que ofrece aliviar, curar o mantener la salud, en la mayoría de los casos los compuestos químicos o principios activos que se les atribuyen se desconocen o no hay suficiente información al respecto, debido a esto, actualmente han sido el enfoque de múltiples estudios e investigaciones que describan a detalle los compuestos que les otorgan estos beneficios (Guzmán Maldonado *et al.*, 2017; Romano *et al.*, 2021).

2.4.1 Aceites esenciales

Se considera al antiguo Egipto como el lugar en donde nació el uso de los aceites esenciales, los egipcios solían utilizarlos en ceremonias religiosas, cosméticas y medicinales. Los aceites esenciales son definidos por diversos autores como metabolitos secundarios orgánicos que son obtenidos a través de la plantas, otorgándoles olor, sabor y siendo considerados también como un mecanismo de defensa ante los depredadores. Son producidos y almacenados en glándulas y cavidades secretoras que están presentes en las

hojas, tallos, flores, frutos, corteza y raíz. Normalmente se obtienen a través de la hidrodestilación utilizando un aparato tipo Clevenger, pero también se pueden obtener utilizando la fermentación, macerado o hidrólisis. Están compuestos principalmente por terpenos, terpenoides, fenilpropanoides y otras sustancias más complejas, los aceites esenciales han sido los ingredientes principales de las fragancias, aromatizantes y en la medicina han tenido relevancia por sus variadas propiedades biológicas, incluyendo la actividad antimicrobiana (Wińska *et al.*, 2019; Hoffmann, 2020).

2.4.1.1 Terpenos

Al ser mezclas de naturaleza compleja, los aceites pueden contener de 20 hasta 60 componentes en concentraciones variables, con 2 o 3 componentes en concentraciones más abundantes. En su mayor parte, los aceites esenciales se componen principalmente por terpenoides lipofílicos, fenilpropanoides o derivados de hidrocarburos alifáticos de cadena corta de bajo peso molecular. Siendo los terpenos el compuesto principal, éstos son el grupo más grande dentro de las fragancias naturales y su clasificación se basa de acuerdo con el número de unidades de isopreno presentes en su estructura (Sharmeen *et al.*, 2021).

2.4.2 Eucalipto

2.4.2.1 Descripción y distribución

Es un árbol perenne autóctono de Australia que ha sido diseminado en todo el mundo. Perteneciente a la familia *Myrtaceae*, comprende al rededor de 900 especies y se encuentra en zonas con climas húmedos y si las condiciones son favorables, estos árboles llegan a medir hasta 100 metros de altura. Estos árboles poseen una corteza lisa y de color verde blanquecina que se va descamando, ocasionando que se observen manchas grisáceas en el tronco. Sus hojas son ovaladas de color grisáceo. En cuanto a los climas que favorecen su crecimiento son cálidos y tropicales, requiere de ambientes soleados, aunque la mayoría de las especies tienen resistencia al frío, pueden resistir hasta los -12° C, siendo el Eucalipto de nieve (*Eucalyptus pauciflora*) capaz de resistir temperaturas de hasta -20° C.

En la actualidad este árbol se ha distribuido en todo el mundo y lo podemos encontrar en zonas alrededor del Mediterráneo, Norteamérica y Latinoamérica, desde India hasta China (Silva *et al.*, 2011; Gobierno de México., 2025).

2.4.2.2 Clasificación taxonómica

Perteneciente a la familia *Myrtaceae*, se conocen alrededor de 900 especies y subespecies (Gilles *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de Eucalipto dólar (*Eucalyptus cinerea*).

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	Eucalyptus
Especie	Cinerea

2.4.2.3 Composición química del aceite esencial de Eucalipto

En diversos estudios, los autores coinciden que el componente que se encuentra en mayor cantidad es el 1,8-cineol. Sin embargo, este compuesto no es el único, también se han encontrado alfa-pineno y limoneno (Dhakad *et al.*, 2017). Silva *et al* (2011) lograron identificar 1,8-cineol en todas las partes aéreas de *Eucalyptus cinerea*, alcanzando una concentración de 85.32%. Así mismo Sebei *et al* (2015) identificaron los mismos compuestos en 7 diferentes especies de Eucalipto, los cuales fueron *Eucalyptus maideni*, *Eucalyptus astrengens*, *Eucalyptus cinerea*, *Eucalyptus leucoxylon*, *Eucalyptus lehmani*, *Eucalyptus sideroxylon* y *Eucalyptus bicostata*, obteniendo como resultado que el componente de mayor abundancia es el 1,8-cineol en concentraciones entre el 60 al 80%.

2.4.2.4 Propiedades medicinales

En la medicina tradicional ha sido utilizado para tratar diversos padecimientos, se ha empleado como tratamiento para la rinitis, infección bronquial, para reducir la fiebre y como expectorante. También se ha descrito que los aborígenes australianos utilizaban las

hojas de Eucalipto para curar heridas e infecciones fúngicas (Gilles *et al* 2010; Čmíková *et al.*, 2023).

2.4.2.5 Propiedades farmacológicas

Además de tener un valor ornamental, en la aromaterapia, en la industria de las fragancias, entre otras, también se le han atribuido propiedades medicinales antiinflamatorias, antitumorales, expectorantes, mucolíticas, incluyendo también la actividad antibacteriana proponiéndolo como una alternativa a los compuestos químicos sintéticos. En un estudio realizado por Rodenak-Kladniew *et al* demostraron que el linalol y el 1,8-cineol inhibieron la proliferación celular al inducir la detención del ciclo celular G0/G1 y/o G2/M sin afectar la viabilidad celular de las células WI-38 de pulmón normales, y al combinar cada monoterpeno con simvastatina incrementó la detención del ciclo celular G0/G1 y sensibilizó a las células a la apoptosis en comparación con la simvastatina sola. Ambos componentes demostraron ser prometedores agentes anticancerígenos con propiedades antiproliferativas, antimetastásicas y sensibilizantes para el tratamiento de cáncer de pulmón.

Así mismo, en otro estudio se reportó que el eucaliptol disminuyó la migración e invasión de células de cáncer de piel mediante la modulación de la vía PI3K/Akt/mTOR, tanto *in vitro* como *in vivo*, otorgándole así un nuevo enfoque terapéutico a este compuesto activo (Rahaman *et al*).

Otros beneficios que se le atribuyen al eucaliptol es como antioxidante y antiinflamatorio, en un estudio de 2019, se evaluó el 1,8-cineol sobre el dolor neuropático, en el cual se demostró que es capaz de inhibir los dolores neuropáticos mediados por el receptor P2X3 en el ganglio de la raíz dorsal de la médula espinal (Zheng *et al.*, 2019).

De acuerdo con Mączka *et al.* (2021) el eucaliptol afecta la actividad de los cilios en el epitelio respiratorio, mejora el transporte de secreciones ayudando así a despejar las vías respiratorias y facilitar la expectoración. Este compuesto también es un ingrediente común en fármacos destinados a tratar la rinitis, ayudando a depurar las secreciones de las fosas nasales y a restaurar la función de las mucosas.

También señalan que el eucaliptol o 1,8-cineol, es el responsable de inhibir la comunicación entre bacterias (quórum sensing), la cual es importante en el proceso de formación y funcionamiento del biofilm, es importante resaltar que se ha reportado que los terpenos, incluyendo el eucaliptol, tienen la capacidad de bloquear algunos receptores que reciben señales de varios autoinductores (Hoch et al., 2023). Li *et al.* (2014) describen que el 1,8-cineol cambió la estructura bacteriana, tanto para las bacterias Grampositivas como Gramnegativas. *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* que fueron expuestas a concentraciones de eucaliptol mostraron deformación celular y apoptosis.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los antimicrobianos han revolucionado la medicina moderna siendo de gran ayuda para el sector salud para el tratamiento de diversas enfermedades, debido al uso constante y excesivo que se les ha dado y con la disminución del desarrollo de nuevos tratamientos, la salud pública se ha visto amenazada con la resistencia a los antimicrobianos (RAM).

Las bacterias se han vuelto capaces de producir y obtener genes de resistencia que les confieren habilidades para inactivar fármacos a los que antes eran sensibles. Algunas desventajas de esta problemática son estancias más largas en los hospitales, tratamientos más costosos, infecciones más graves, aumento de la mortalidad, entre otras.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó su lista de patógenos prioritarios, con el objetivo que incentivar a la comunidad científica a desarrollar o descubrir nuevas alternativas de tratamiento que puedan limitar y frenar la propagación de bacterias multirresistentes.

Actualmente se han llevado a cabo estudios enfocados en la evaluación de plantas medicinales, se han propuesto extractos y aceites esenciales como una alternativa eficaz contra la resistencia a los antimicrobianos debido a las propiedades biológicas que se les atribuyen.

Los aceites esenciales son descritos como mezclas complejas de metabolitos activos que poseen actividades antiinflamatorias, antifúngicas, antisépticas, cicatrizantes, antibacterianas, etc. Son ampliamente utilizados también en otras industrias como en las fragancias, cosmética y en la farmacéutica. Se proponen como una alternativa de tratamiento debido a sus usos medicinales, bajo costo y bajo impacto ambiental.

4. JUSTIFICACIÓN

Con el descubrimiento y desarrollo de los antibacterianos, el gremio médico ha sido capaz de prevenir y tratar infecciones causadas por bacterias, reduciendo considerablemente la mortalidad de la población a nivel mundial. La introducción de todos estos fármacos generó optimismo con respecto a tener la posibilidad de controlar y limitar la propagación de bacterias patógenas.

Sin embargo, el uso excesivo e inadecuado de los antibacterianos por parte de la población no tardó en traer consigo consecuencias, a lo que hoy conocemos como resistencia a los antimicrobianos (RAM), dicho fenómeno se ha convertido en una amenaza de salud pública a nivel mundial ya que en los últimos años diversas organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) han reportado el aumento de patógenos resistentes a los tratamientos convencionales.

Debido a esta problemática se han estado buscando estrategias de tratamiento para dar una solución; y es la comunidad científica la que propone utilizar la medicina basada en plantas como una alternativa de tratamiento.

La medicina basada en plantas no es una práctica nueva, ni mucho menos desconocida, ésta se practicaba hace cientos de años por diversas civilizaciones a lo largo del mundo. En la actualidad, se conoce que las plantas son ricas en metabolitos secundarios, los cuales les otorgan sus propiedades medicinales.

El Eucalipto es un árbol perenne de la familia *Myrtaceae*, sus aceites esenciales son ocupados por distintas industrias, desde la farmacéutica hasta la cosmética, pero también se ha reportado que presenta compuestos como el 1-8 cineol entre otros, que le otorgan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antivirales y antibacterianas y es debido a esto, que se propone como una alternativa ante la resistencia a los antibacterianos.

5. HIPÓTESIS

El aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* presentará su mejor actividad antibacteriana, sobre bacterias de importancia en salud animal en una estación del año.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar la influencia de la estacionalidad sobre la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea*, mediante pruebas bacteriológicas con el fin de determinar la época del año en la que presenta la mejor actividad antibacteriana.

6.2 Objetivos específicos

1. Obtener el aceite esencial de primavera, verano, otoño e invierno de las hojas secas de *Eucalyptus cinerea* por medio de la técnica de arrastre de vapor.
2. Determinar la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* de primavera, verano, otoño e invierno.
3. Determinar que estación del año fue la que presentó mejor actividad antibacteriana sobre bacterias de importancia en salud animal.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Material vegetal

Se recolectaron partes aéreas de Eucalipto dólar (*Eucalyptus cinerea*) pertenecientes a las cuatro estaciones del año, en el Instituto de Ciencias Agropecuarias perteneciente al municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. Para la identificación de la planta se consultó el herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y se verificó que la planta correspondiera a *Eucalyptus cinerea* (IBUNAM:MEXU:873914).

7.1.1 Secado del material vegetal

El proceso de secado de las partes aéreas fue a temperatura ambiente y en ausencia de luz, una vez verificada su deshidratación fue triturado mecánicamente con ayuda de un molino mecánico.

7.1.2 Extracción del aceite esencial

La obtención del aceite esencial fue mediante la técnica por arrastre de vapor. Se utilizaron 250 g de las hojas previamente trituradas y 2,500 ml de agua destilada. La extracción se llevó a cabo con la ayuda de un alambique de cobre a una temperatura de 100° C durante 3 horas. Al final se obtuvo hidrolato y el aceite esencial.

El rendimiento del aceite esencial se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso AE obtenido}}{\text{Peso material vegetal}} \times 100$$

7.2 Cepas bacterianas

Para determinar la actividad antibacteriana se utilizaron las cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* de la colección Americana de Cultivos Tipo (ATCC) y las

cepas aisladas de casos clínicos *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*¹, *Enterococcus faecium*², *Stenotrophomonas maltophilia*, *Pseudomonas aeruginosa*¹, *Pseudomonas aeruginosa*², *Serratia liquefaciens* y *Escherichia coli*, pertenecientes al laboratorio de bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp), de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Las cepas se mantuvieron en crioconservación a -80° C hasta su uso.

7.3 Prueba de esterilidad

Para determinar la esterilidad del aceite esencial, se tomaron 10 µl de este y se inoculó en agar Müller Hinton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany), se llevó a incubación a 37° C durante 24 horas para la detección de crecimiento de microorganismos presentes en la muestra.

7.4 Reactivación de cepas bacterianas

Las cepas bacterianas se reactivaron a partir de la crioconservación en agar Müller Hinton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany) mediante la técnica de estría simple para obtener colonias aisladas. Posteriormente, se realizó tinción de Gram para corroborar su morfología y pureza.

7.5 Preparación del inóculo

Una vez corroborada la pureza de la cepa, se inoculó una colonia de cada cepa en caldo nutritivo (BD Bioxon) y se incubó durante 24 horas en agitación constante (70 rpm) a 37° C. Transcurrido el tiempo de incubación los inoculos se ajustaron con caldo nutritivo al 0.5 de turbidez en escala de McFarland (150×10^6 cel/ml).

7.6 Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana se determinó mediante el método de Kirby-Bauer, la Concentración Mínima Inhibitoria y la Concentración Mínima Bactericida de acuerdo con

lo establecido por el CLSI (2012) y siguiendo lo publicado por Zaragoza-Bastida *et al.* (2020).

7.6.1 Prueba de difusión en disco

En agar Müller-Hinton se inocularon 100 µl de cada inóculo bacteriano previamente ajustado en escala de McFarland de 0.5 y se distribuyeron sobre placas petri. Cada placa se dejó secar durante 15 minutos. Transcurrido ese tiempo, se colocaron sensidiscos estériles, en los cuales se impregnaron 5 µl de aceite esencial correspondiente a cada estación del año. Posteriormente se incubaron a 37° C por 24 horas.

Después de la incubación, se midieron los halos de inhibición en milímetros (mm) y se clasificaron de acuerdo a lo descrito por Imane *et al* 2020 con ligeras modificaciones, como 9 mm no sensible, 9-15 mm sensible, 15- 19 mm muy sensible y > 20 mm extremadamente sensible.

7.6.2 Concentración Mínima Inhibitoria

Para determinar la concentración mínima inhibitoria se empleó la tecnica de microdilucion en placa. Las concentraciones evaluadas fueron 40.00-0.31 mg/ml; como control positivo se empleó Kanamicina (32.0- 0.25 µg/ml, AppliChem 4k10421, Darmstadt, Alemania) y como control negativo caldo nutritivo (Becton Dickinson and Difco Company, Chicago, IL, EE. UU.). Los tratamientos se evaluaron por triplicado.

En una placa de 96 pozos se colocaron 100 µl de las concentraciones a evaluar junto con 10 µl de la suspensión bacteriana previamente ajustada. Las placas se incubaron a 37° C durante 24 horas, una vez transcurrido el tiempo de incubación, se añadieron 20 µl de sales de p-iodonitrotetrazolio al 0,04% (p/v) (Sigma-Aldrich 18377, St. Louis, MO, EE. UU.) en cada pocillo y se dejó incubando a 37° C por 30 minutos. La CMI se determinó en aquella concentración que se tornara rosa.

7.6.3 Concentración Mínima Bactericida

Antes de añadir las sales de p-iodonitrotetrazolio, 5 µl de cada pocillo fueron inoculados en placas con agar Müller-Hinton (DIBICO ® Ciudad de México, México) y se incubaron a 37° C durante 24 horas. La CMB se determinó en la concentración en la que no hubo crecimiento bacteriano.

7.7 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la actividad antibacteriana fueron normalizados (log10) y analizados mediante un diseño completamente al azar a través de ANOVA. Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante un análisis estadístico de comparación por Tukey con un nivel de significancia del 95% ($P \leq 0.05$), usando el programa Minitab 18.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de los aceites esenciales obtenidos de cada estación del año se describe en la siguiente tabla.

Cuadro 3. Rendimiento del aceite esencial de *E.cinerea* obtenido de las cuatro estaciones del año.

Estación del año	Rendimiento (%)
Primavera	2.20%
Verano	1.85%
Otoño	0.59%
Invierno	1.87%

Los resultados correspondientes a las bacterias Gram positivas, se encontraron diferencias significativas entre los promedios de los halos de inhibición y las estaciones del año ($P \leq 0.05$), sin embargo, los aceites esenciales obtenidos de verano, otoño e invierno no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas contra *E. faecalis* (**Figura 3**). Mientras que para las cepas de *E. faecium*¹ y *E. faecium*², la cepa 1 fue extremadamente sensible (20 mm) ante los aceites obtenidos en verano y otoño (**Cuadro 4**) (**Figura 3**), en comparación con la cepa 2, la cual se clasificó como sensible al aceite obtenido en primavera (13 mm) y como no sensible al aceite de otoño (0 mm) según la clasificación publicada por Imane *et al* 2020.

Los aceites esenciales obtenidos de primavera y verano obtuvieron mejores resultados sobre *S. aureus* ATCC, siendo extremadamente sensible (20 mm) al aceite esencial de verano (**Cuadro 4**) (**Figura 3**). Con respecto a las bacterias Gram negativas únicamente *S. maltophilia* y *S. liquefaciens* fueron las que mostraron sensibilidad al aceite esencial (**Cuadro 5**). El aceite obtenido en la época de otoño presentó mejor actividad contra *S. maltophilia*, generando halos > 20 mm (extremadamente sensible), mientras que el aceite de verano no presentó actividad antibacteriana. *S. liquefaciens* fue sensible (9 mm) al aceite de primavera, mientras que otoño, verano e invierno no tuvieron diferencias significativas entre ellos (**Cuadro 5**).

El aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* extraído de las diferentes estaciones del año demostró tener mejor actividad antibacteriana sobre bacterias Gram positivas, a diferencia de las bacterias Gram negativas, que demostraron ser menos sensibles.

En el estudio realizado por Soliman *et al* 2014, el aceite esencial extraído de las hojas frescas juveniles de *Eucalyptus cinerea* recolectado en otoño tuvo mayor actividad antibacteriana sobre *S. aureus* (17 mm) y *E. faecalis* (18 mm), estos resultados son similares a los obtenidos en la presente investigación, a excepción de que el aceite que tuvo la mejor actividad antibacteriana sobre *S. aureus* fue el que se obtuvo en verano (**Figura 3**). Con respecto a la actividad antibacteriana sobre *E. coli* y *P. aeruginosa*, los autores antes mencionados reportaron los halos de inhibición de 16 mm, resultados que no coinciden lo reportado en el presente estudio ya que no se determinaron halos de inhibición para las bacterias antes mencionadas (**Cuadro 5**).

Por otro lado, Sebei *et al* 2015 evaluaron los aceites esenciales de siete especies de Eucalipto, reportando que *E. coli* fue clasificada como muy sensible (16 mm), mientras que *S. aureus* (10 mm) y *E. faecalis* (12 mm) fueron clasificadas como sensible, a comparación de los resultados de la presente investigación *E. coli* se clasificó como no sensible al no generar halos de inhibición ante ningún aceite esencial extraído de las diferentes estaciones del año, mientras que *S. aureus* y *E. faecalis* se clasificaron como extremadamente sensible al aceite esencial obtenido de la época de verano (20 mm) (**Cuadro 4**).

Por su parte Silva *et al* 2011 reportaron que el aceite esencial de las hojas secas de otoño obtuvieron la mejor actividad antibacteriana sobre *S. aureus* (13 mm), con respecto a *E. coli* fue sensible al aceite esencial de invierno y *P. aeruginosa* no presentó sensibilidad ante ningún aceite esencial, al respecto en la presente investigación únicamente *S. aureus* fue sensible al aceite esencial de verano, mientras que *E. coli* y *P. aeruginosa* no se mostraron sensibles ante ningún aceite esencial (**Cuadro 5**).

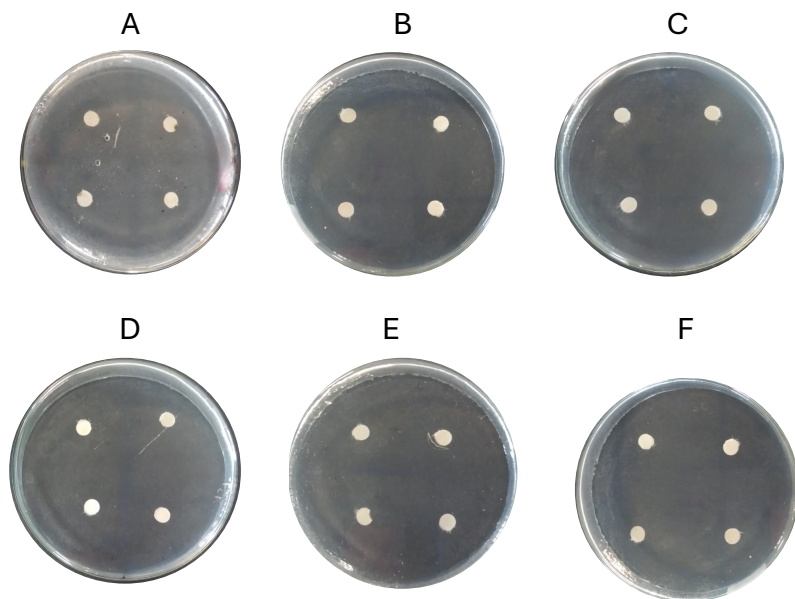


Figura 3. Halos de inhibición del aceite esencial de *E. cinerea* de las épocas del año sobre *E. faecalis*, *E. faecium*¹ y *S. aureus*. A, B,C: *E. faecalis* de las épocas de primavera, invierno y verano respectivamente, D, E: *E. faecium* de las épocas de verano y otoño respectivamente, F: *S. aureus* de primavera.

Para determinar la concentración mínima inhibitoria y mínima bactericida, fueron evaluados únicamente los aceites esenciales de las épocas del año que demostraron tener mejor actividad en la prueba de difusión en disco.

Se determinó que el aceite esencial de *E. cinerea* de la época de primavera posee mejor actividad inhibitoria sobre *E. coli* (0.62 mg/ml), valor inferior al determinado sobre *S. aureus* (1.25 mg/ml), mientras que se determinó una actividad bactericida de 2.50 mg/ml sobre *S. aureus* en la época de primavera sin embargo no se observó actividad bactericida de ninguna estación del año sobre *E. coli* (**Cuadro 6**).

Cuadro 4. Halos de inhibición del aceite esencial de *E.* sobre bacterias Gram positivas evaluadas.

Halos de inhibición (mm ± D.E)					
Bacteria	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Valor de P
<i>S. aureus</i>	15.25±2.06 ^{Ba}	22.00±0.816 ^{Aa}	0	16.25±0.95 ^{Bb}	0.0001
<i>E. faecium</i> ¹	8.5 ± 0.57 ^{Cb}	20.00± 0.00 ^{Ab}	20.00± 0.0 ^{Aa}	13.00± 0.81 ^{Bc}	0.0001
<i>E. faecium</i> ²	13.5±0.577 ^{Aa}	8.7±0.95 ^{Bc}	0	9.75±0.50 ^{Bd}	0.0001
<i>E. faecalis</i>	15.75±1.50 ^{Ba}	20.00±0.0 ^{Ab}	20±0.0 ^{Aa}	20.00±0.0 ^{Aa}	0.0001
Valor de P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	

^{A,B,C}, diferentes literales en mayúsculas indican diferencias significativas de cada bacteria entre estaciones del año;
^{a,b,c}; diferentes literales en minúsculas indican diferencias significativas entre bacterias.

Cuadro 5. Halos de inhibición del aceite esencial de *E. cinerea* sobre bacterias Gram negativas evaluadas.

Halos de inhibición (mm±D.E)					
Bacteria	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Valor de P
<i>S. maltophilia</i>	9.00±0.81 ^{Ba}	0 ^C	20.00±0.00 ^{Aa}	8.5±1.00 ^{Ba}	0.0001
<i>S. liquefaciens</i>	9.00±0.00 ^{Aa}	7.5±0.57 ^{Bb}	8.25±0.50 ^{Ab}	7.5±1.00 ^{Bb}	0.016
<i>P. aeruginosa</i> ¹	SA	SA	SA	SA	SA
<i>P. aeruginosa</i> ²	SA	SA	SA	SA	SA
<i>E. coli</i> ATCC	SA	SA	SA	SA	SA
<i>E. coli</i> ¹	SA	SA	SA	SA	SA
Valor de P	0.0001				

^{A,B,C} diferentes literales en mayúsculas indican diferencias significativas de cada bacteria entre estaciones del año;
^{a,b,c} diferentes literales en minúsculas indican diferencias significativas entre bacterias. SA; sin actividad.

En el estudio realizado por Silva *et al* 2011 determinaron que la CMI del aceite esencial obtenido de las hojas secas de la época de primavera fue de 1.56 mg/ml sobre *S. aureus*, mientras que para las bacterias Gram negativas como *E. coli* y *P. aeruginosa* no se determinaron resultados, en comparación con lo reportado en esta investigación, se determinó una CMI menor sobre *E. coli* y *S. aureus*.

Por otro lado, Soliman *et al* 2014 evaluaron el aceite esencial de hojas juveniles de *E.cinerea* recolectadas en octubre, determinaron actividad inhibitoria de 5.2 y 5.6 µl/ml sobre *E. coli* y *P. aeruginosa* respectivamente, estas concentraciones son menores a las determinadas en el presente estudio.

Mientras que Salem *et al* 2018 evaluaron los aceites esenciales obtenidos de distintas etapas fenológicas de *E. globulus*, en el cual reportan una actividad inhibitoria de 4 mg/ml sobre *S. aureus* y *E. coli*, concentraciones mayores a las reportadas en la presente investigación. Pero es importante mencionar que no se pueden comparar los resultados debido a que las especies del genero *Eucalyptus* son distintas.

Cuadro 6 Concentración Mínima Inhibitoria y Concentración Mínima Bactericida del aceite esencial de *E.cinerea* obtenido de verano y primavera sobre *S. aureus* y *E. coli*.

Bacteria	CMI (mg/ml)			CMB (mg/ml)		
	Primavera	Verano	Kanamicina*	Primavera	Verano	Kanamicina*
<i>S. aureus</i>	1.25 ^A	2.50 ^A	1.00	2.50	10	2.0
<i>E. coli</i>	0.62 ^B	2.50 ^A	2.00	SA	SA	2.0

CMI, Concentración Mínima Inhibitoria; CMB, Concentración Mínima Bactericida. *Los resultados se muestran en µg, ^{A, B}; diferentes literales en mayúsculas indican diferencias estadísticas entre bacterias. SA, sin actividad.

9. CONCLUSIÓN

El aceite esencial de *E. cinerea* presentó los mayores halos de inhibición en primavera y verano sobre *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y *Enterococcus faecium*. La mejor Concentración Mínima Inhibitoria y Concentración Mínima Bactericida se determinó en primavera sobre *Staphylococcus aureus*, por lo que la mejor época para la extracción del aceite esencial de *E. cinerea* podría ser primavera y verano, sin embargo, será necesario realizar estudios adicionales para identificar y cuantificar los metabolitos que le otorgan la propiedad antibacteriana.

10. REFERENCIAS

1. Abushaheen, M. A., Muzaheed, Fatani, A. J., Alosaimi, M., Mansy, W., George, M., Acharya, S., Rathod, S., Divakar, D. D., Jhugroo, C., Vellappally, S., Khan, A. A., Shaik, J., & Jhugroo, P. (2020). Antimicrobial resistance, mechanisms and its clinical significance. *Disease-a-month* : DM, 66(6), 100971. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2020.100971>
2. Begrem, S., Jérôme, M., Leroi, F., Delbarre-Ladrat, C., Grovel, O., & Passerini, D. (2021). Genomic diversity of *Serratia proteamaculans* and *Serratia liquefaciens* predominant in seafood products and spoilage potential analyses. *International Journal of Food Microbiology*, 354, 109326. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109326>
3. Christaki, E., Marcou, M., & Tofarides, A. (2019). Antimicrobial Resistance in Bacteria: Mechanisms, Evolution, and Persistence. *Journal Of Molecular Evolution*, 88(1), 26-40. <https://doi.org/10.1007/s00239-019-09914-3>
4. Cheung, G. y. C., Bae, J. S., & Otto, M. (2021). Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*. *Virulence*, 12(1), 547-569. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1878688>
5. Čmíková, N., Galovičová, L., Schwarzová, M., Vukic, M. D., Vukovic, N. L., Kowalczewski, P. Ł., Bakay, L., Kluz, M. I., Puchalski, C., & Kačániová, M. (2023). Chemical Composition and Biological Activities of *Eucalyptus globulus* Essential Oil. *Plants*, 12(5), 1076. <https://doi.org/10.3390/plants12051076>
6. De Oliveira, D. M. P., Forde, B. M., Kidd, T. J., Harris, P. N. A., Schembri, M. A., Beatson, S. A., Paterson, D. L., & Walker, M. J. (2020). Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens. *Clinical Microbiology Reviews*, 33(3). <https://doi.org/10.1128/cmr.00181-19>
7. Dhakad, A. K., Pandey, V. V., Beg, S., Rawat, J. M., & Singh, A. (2017). Biological, medicinal and toxicological significance of *Eucalyptus* leaf essential oil: a review. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 98(3), 833-848. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8600>
8. Gauba, A., & Rahman, K. M. (2023). Evaluation of Antibiotic Resistance Mechanisms in Gram-Negative Bacteria. *Antibiotics*, 12(11), 1590. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111590>

9. Gil-Gil, T., Martínez, J. L., & Blanco, P. (2020). Mechanisms of antimicrobial resistance in *Stenotrophomonas maltophilia*: a review of current knowledge. *Expert Review Of Anti-infective Therapy*, 18(4), 335-347. <https://doi.org/10.1080/14787210.2020.1730178>
10. Gilles, Martin, et al. "Chemical Composition and Antimicrobial Properties of Essential Oils of Three Australian *Eucalyptus* Species." *Food Chemistry*, vol. 119, no. 2, 15 Mar. 2010, pp. 731–737, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.021>.
11. Gobierno de México. (s. f.). Eucalipto. Recuperado 6 de febrero de 2024, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/96223/Eucalipto_monografias.pdf
12. Guzmán-Maldonado, S., Díaz Huacuz, S., & González Chavira, M. (2017, noviembre). *Plantas medicinales.: La realidad de una tradición ancestral*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/folletoinformativo/1044_4729_Plantas_medicinales_la_realidad_de_una_tradici%C3%B3n_ancestral.pdf
13. Hoch, Cosima C., et al. "1,8-Cineole (Eucalyptol): A Versatile Phytochemical with Therapeutic Applications across Multiple Diseases." *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 167, no. 115467, 1 Nov. 2023, p. 115467, [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332223012659#:~:text=1%2C8%2Dcineole%20\(Eucalyptol\)%2C%20a%20naturally%20occurring,https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115467](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332223012659#:~:text=1%2C8%2Dcineole%20(Eucalyptol)%2C%20a%20naturally%20occurring,https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115467).
14. Hoffmann, K. H. (2020). Essential oils. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 75(7-8), 177. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0124>
15. Imane, Nait Irahah, et al. "Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of Some Essential Oils against Multidrug Resistant Bacteria." *European Journal of Integrative Medicine*, vol. 35, Apr. 2020, p. 101074, <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101074>. Accessed 9 June 2021.
16. Jang, J., Hur, H.-G., Sadowski, M. J., Byappanahalli, M. N., Yan, T., & Ishii, S. (2017, 1 septiembre). Environmental *Escherichia coli*: ecology and public health implications—a review. *Journal Of Applied Microbiology*. Recuperado 6 de febrero de 2025, de <https://academic.oup.com/jambio/article-abstract/123/3/570/6714054?redirectedFrom=fulltext>

17. Kaushik, M., Kumar, S., Kapoor, R. K., & Gulati, P. (2019). Integrins and antibiotic resistance genes in water-borne pathogens: threat detection and risk assessment. *Journal Of Medical Microbiology*, 68(5), 679-692. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.000972>
18. Li, L., Li, Z., Yin, Z., Wei, Q., Jia, R., Zhou, L., Xu, J., Song, X., Zhou, Y., Du, Y., Peng, L., Kang, S., & Yu, W. (2014, 15 julio). Antibacterial activity of leaf essential oil and its constituents from *Cinnamomum longepaniculatum*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4132134/>
19. Lorusso, A. B., Carrara, J. A., Barroso, C. D. N., Tuon, F. F., & Faoro, H. (2022). Role of Efflux Pumps on Antimicrobial Resistance in *Pseudomonas aeruginosa*. *International journal of molecular sciences*, 23(24), 15779. <https://doi.org/10.3390/ijms232415779>
20. Mączka, W., Duda-Madej, A., Górny, A., Grabarczyk, M., & Wińska, K. (2021). Can eucalyptol replace antibiotics? *Molecules*, 26(16), 4933. <https://doi.org/10.3390/molecules26164933>
21. McEwen, S. A., & Collignon, P. J. (2018). Antimicrobial Resistance: a One Health Perspective. *Microbiology Spectrum*, 6(2). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.arba-0009-2017>
22. Millán-Díaz, B., González-Tabarés, L., Cobelo-Casas, C., López-Vázquez, M., & Calviño-Varela, J. (2017). *Stenotomonas maltophilia*: una causa poco frecuente de peritonitis en ⁴² is peritoneal. *Nefrología*, 37(6), 646-647. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2017.03.018>
23. Moreno M, Claudia, González E, Rubén, & Beltrán, Constanza. (2009). Mecanismos de resistencia antimicrobiana en patógenos respiratorios. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 69(2), 185-192. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162009000200014>
24. Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfäuer, M. A. (Eds.). (s. f.). *Pseudomonas y microorganismos relacionados*. En *Microbiología médica* (Fifth, p. 357). ELSEVIER.
25. Narayanan, S. (2013). *Pseudomonas*. En *Veterinary Microbiology* (Third, p. 166). D.Scott McVey, Melissa Kennedy and M.M. Chengappa.

26. Palma, E., Tilocca, B., & Roncada, P. (2020c). Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine: An Overview. *International Journal Of Molecular Sciences*, 21(6), 1914. <https://doi.org/10.3390/ijms21061914>
27. Rahaman, Ashikur, et al. "Eucalyptol Targets PI3K/Akt/MTOR Pathway to Inhibit Skin Cancer Metastasis." *Carcinogenesis*, vol. 43, no. 6, 11 Feb. 2022, pp. 571–583, doi.org/10.1093/carcin/bgac020, <https://doi.org/10.1093/carcin/bgac020>. Accessed 4 Dec. 2024.
28. Rodenak-Kladniew, Boris, et al. "Anti-Cancer Mechanisms of Linalool and 1,8-Cineole in Non-Small Cell Lung Cancer A549 Cells." *Heliyon*, vol. 6, no. 12, Dec. 2020, p. e05639, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05639>. Accessed 17 Feb. 2021.
29. Romano, B., Lucariello, G., & Capasso, R. (2021b). Topical Collection "Pharmacology of Medicinal Plants". *Biomolecules*, 11(1), 101. <https://doi.org/10.3390/biom11010101>
30. Rozwandowicz, M., Brouwer, M. S. M., Fischer, J., Wagenaar, J. A., Gonzalez-Zorn, B., Guerra, B., Mevius, D. J., & Hordijk, J. (2018). Plasmids carrying antimicrobial resistance genes in *Enterobacteriaceae*. *The Journal of antimicrobial chemotherapy*, 73(5), 1121–1137. <https://doi.org/10.1093/jac/dkx488>
31. Santajit, S., & Indrawattana, N. (2016). Mechanisms of Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens. *BioMed research international*, 2016, 2475067. <https://doi.org/10.1155/2016/2475067>
32. Sebei, K., Sakouhi, F., Herchi, W., Khouja, M., & Boukhchina, S. (2015). Chemical composition and antibacterial activities of seven *Eucalyptus* species essential oils leaves. *Biological Research*, 48(1), 7. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-48-7>
33. Silva, S. M., Abe, S. Y., Mura ⁴³ F. S., Frensch, G., Marques, F. A., & Nakashima, T. (2011). Essential Oils from Different Plant Parts of *Eucalyptus cinerea* F. Muell. ex Benth. (*Myrtaceae*) as a Source of 1,8-Cineole and Their Bioactivities. *Pharmaceuticals*, 4(12), 1535-1550. <https://doi.org/10.3390/ph4121535>
34. Soliman, F. M., Fathy, M. M., Salama, M. M., & Saber, F. R. (2014b). Chemical composition and bioactivity of the volatile oil from leaves and stems of *Eucalyptus cinerea*. *Pharmaceutical Biology*, 52(10), 1272-1277. <https://doi.org/10.3109/13880209.2014.889177>

35. Sharmeen, J. B., Mahomoodally, F. M., Zengin, G., & Maggi, F. (2021). Essential Oils as Natural Sources of Fragrance Compounds for Cosmetics and Cosmeceuticals. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(3), 666. <https://doi.org/10.3390/molecules26030666>
36. Stewart, G. C. (2011). *Streptococcus y Enterococcus: Enterococcus*. En S. McVey, M. Kennedy, & M. M. Chengappa (Eds.), *Veterinary Microbiology* (3.a ed., p. 199).
37. Wińska, K., Mączka, W., Łyczko, J., Grabarczyk, M., Czubaszek, A., & Szumny, A. (2019). Essential Oils as Antimicrobial Agents—Myth or Real Alternative? *Molecules*, 24(11), 2130. <https://doi.org/10.3390/molecules24112130>
38. World Health Organization: WHO. (2023, 21 noviembre). *Resistencia a los antimicrobianos*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
39. World Health Organization: WHO. (2023, 21 noviembre). Resistencia a los antimicrobianos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
40. World Health Organization: WHO. (2024, 17 mayo). La OMS pone al día la lista de bacterias farmacorresistentes más peligrosas para la salud humana. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news/item/17-05-2024-who-updates-list-of-drug-resistant-bacteria-most-threatening-to-human-health>
41. Zaragoza-Bastida, A., Flores-Aguilar, S. C., Aguilar-Castro, L. M., Morales-Ubaldo, A. L., Valladares-Carranza, B., Rangel-López, L., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld-Miranda, C. E., & Rivero-Pérez, N. (2020b). Antibacterial and Hemolytic Activity of *Crotalus triseriatus* and *Crotalus ravus* Venom. *Animals*, 10(2), 281. <https://doi.org/10.3390/ani10020281>
42. Zheng, X., Zhang, Y., Li, Q., Liu, Y., Wang, X., Yang, B., Zhu, G., Zhou, C., Gao, Y., & Liu, Z. (2019). Effects of 1,8-cineole on neuropathic pain mediated by P2X2 receptor in the spinal cord dorsal horn. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44282>

11. ANEXOS

Participaciones en eventos académicos



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

En el marco del evento conjunto:



REUNIÓN INTERNACIONAL
Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos
IV Congreso Internacional
de Ciencias Veterinarias y Producción Animal

SE OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA A:

**B. Rodríguez-Mesas, N. Rivero-Perez, R.M. Gayosso-San Juan, A.L. Morales-Ubaldo,
C.G. Sosa-Gutiérrez, J.E. Aparicio-Burgos, A. Zaragoza-Bastida**

Por su participación con la **Ponencia Corta** titulada:

**ACEITES ESENCIALES DE Eucalyptus cinerea y Eucalyptus camaldulensis COMO
ALTERNATIVA SOBRE Staphylococcus aureus Y Escherichia coli**

En el marco del evento conjunto llevada a cabo de forma híbrida en el Departamento de Informática y Biblioteca de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Mexicali, Baja California, México, los días 17 y 18 de octubre de 2024.

“Por la realización plena del ser”



DR. ULISES MACÍAS CRUZ
Presidente del Comité
Organizador



DR. DANIEL GONZÁLEZ MENDOZA
Director
Instituto de Ciencias Agrícolas



**Universidad Autónoma del Estado de México
Centro Universitario UAEM Temascaltepec
Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Otorga la presente
CONSTANCIA**

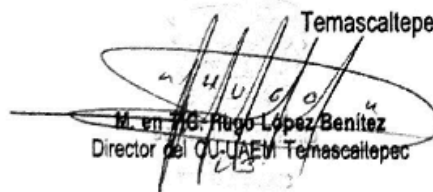
a:

Belén Rodríguez-Mesas, Ana Lizet Morales-Ubaldo, Yesica Anayanci Morales-Ubaldo, Linda Ana Luisa López-Hernández, Nallely Rivero-Perez, Misael López-Rodríguez, Daniel Melo-Guzmán, Evelin Mariana Islas-Durán, Adrian Zaragoza-Bastida

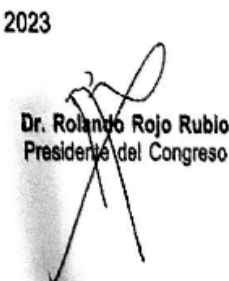
Por su participación como **ponente**, con el trabajo: **ACEITES ESENCIALES DE *Eucalyptus cinerea* Y *Eucalyptus camaldulensis* COMO ALTERNATIVA SOBRE *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*, en el marco del "3er Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias y Producción Animal"**

"Patria, Ciencia y Trabajo"

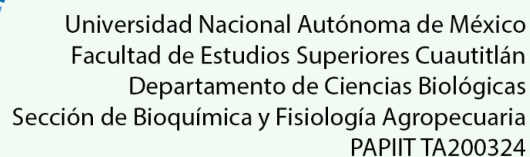
Temascaltepec de González, Estado de México a 27 de octubre del 2023


M. en C. Hugo López Benítez
Director del CU UAEM Temascaltepec


M. en CARM. Sherzada Espanza Jiménez
Coordinadora LIAZ, CU UAEM Temascaltepec


Dr. Rolando Rojo Rubio
Presidente del Congreso

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO
LIC. INGENIERO AGRÓNOMO
ZOOTECNISTA**



Otorga la presente

**A: B Rodríguez-Mesas, N Rivero-Pérez,
AL Morales-Ubaldo, VM Juárez-Martínez,
D Ojeda-Ramírez, Benjamín Valladares-Carranza,
Zaragoza-Bastida**

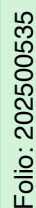
Por su participación como ponente de la conferencia

Influencia de las estaciones del año en la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eucalyptus cinerea* frente a *Staphylococcus aureus*

En el **5º Congreso Internacional en Ciencias Veterinarias y Producción Animal** realizado a distancia el 6 y 7 de noviembre de 2025.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuatitlán Izcalli, Estado de México, noviembre de 2025.



Dr. David Quintanar Guerrero
Director



GEN 097/25



Memorias en extenso

XXXIV REUNIÓN INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE EN CLIMAS CÁLIDOS
IV CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PRODUCCIÓN ANIMAL
Mexicali, B.C., México, 16 al 18 de octubre de 2024.

ACEITES ESENCIALES DE *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* COMO ALTERNATIVA FARMACOLÓGICA SOBRE *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*.

ESSENTIAL OILS FROM *Eucalyptus cinerea* AND *Eucalyptus camaldulensis* AS A PHARMACOLOGICAL ALTERNATIVE AGAINST *Staphylococcus aureus* AND *Escherichia coli*.

B. Rodríguez-Mesas¹, N. Rivero-Perez¹, R.M. Gayosso-San Juan¹, A.L. Morales-Ubaldo¹, C.G. Sosa-Gutiérrez, J.E. Aparicio-Burgos² A. Zaragoza-Bastida^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Hidalgo; ²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Escuela Superior Apan, Hidalgo, México.

*Autor de correspondencia: adrian_zaragoza@uach.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Los aceites esenciales de ambas especies del género *Eucalyptus* se extrajeron por el método de arrastre de vapor. Para evaluar la actividad antibacteriana se determinaron las concentraciones mínimas inhibitoria (CMI) y mínima bactericida (CMB). Los datos obtenidos fueron normalizados y analizados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey a un nivel de confianza del 95 %, utilizando el paquete estadístico Minitab 18. Los resultados obtenidos mostraron que el aceite esencial de *E. cinerea* presentó mejor actividad inhibitoria frente *E. coli* (CMI= 0.62 mg/mL), sin embargo, dicho tratamiento no presentó actividad bactericida frente a *E. coli*, contrario a lo determinado frente a *S. aureus* (CMB=2.50 mg/mL). Los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* pueden ser considerados como una alternativa farmacológica sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, sin embargo, será necesario llevar a cabo estudios en donde se determiné el o los compuestos responsables de la actividad antibacteriana.

Palabras clave: Actividad antibacteriana, *Eucalyptus cinerea*, *Eucalyptus camaldulensis*, aceites esenciales.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the antibacterial activity of essential oils of *Eucalyptus cinerea* and *Eucalyptus camaldulensis* on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The essential oils of both species of the genus *Eucalyptus* were extracted by the steam drag method. To evaluate the antibacterial activity, the minimum inhibitory concentrations (MIC) and minimum bactericidal concentrations (MBC) were determined. Obtained data were normalized and analyzed by means of an analysis of variance and a comparison of means by Tukey at a confidence level of 95%, using the statistical package Minitab 18. Obtained results showed that the essential oil of *E. cinerea* presented a better inhibitory activity against *E. coli* (MIC= 0.62 mg/mL), however, this treatment did not present bactericidal activity against *E. coli*, contrary to what was determined against *S. aureus* (MBC=2.50 mg/mL). The essential oils of *Eucalyptus cinerea* and *Eucalyptus camaldulensis* can be considered as a pharmacological alternative treatment for *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, however, studies will be necessary to determine the compound(s) responsible for the antibacterial.

Keywords: Antibacterial activity, *Eucalyptus cinerea*, *Eucalyptus camaldulensis*, essential oils.

INTRODUCCIÓN

El uso constante y excesivo de antibióticos en sectores médicos, veterinarios y agrícolas podría ser la causa fundamental del desarrollo de la resistencia a los antimicrobianos a nivel mundial (Samreen *et al.*, 2021). Debido a este fenómeno se ha optado por llevar a cabo investigaciones de diversas plantas de uso medicinal, así como sus extractos y aceites esenciales. Los aceites esenciales son mezclas complejas de sustancias biológicamente activas que se utilizan como agentes aromatizantes y en diversos productos comerciales, como en industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica que han ganado popularidad recientemente debido a su potente actividad antimicrobiana contra algunos patógenos alimentarios, se descubrió que los compuestos principales junto con los componentes menores de los aceites esenciales extraídos de diferentes partes de las plantas eran responsables de la actividad antibacteriana (Madhumita *et al.*, 2023). Existen reportes de las diversas propiedades de las especies de eucalipto, ya que además de ser utilizada en la industria de los perfumes se han reportado sus actividades biológicas como antisépticos, antipiréticos, analgésicos y agentes antibacterianos (Soliman *et al.*, 2014). La actividad antibacteriana de ocho diferentes especies de eucalipto fue reportada en un estudio realizado por Miguel *et al.* (2018),

XXXIV REUNIÓN INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE EN CLIMAS CÁLIDOS
IV CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PRODUCCIÓN ANIMAL
Mexicali, B.C., México, 16 al 18 de octubre de 2024.

determinado su efectividad sobre patógenos asociados con el tracto respiratorio, de manera similar Sharafati- Chaleshtori *et al.* (2018) reportaron el efecto inhibitorio y bactericida del aceite esencial de *E. globulus* sobre cepas de *Listeria* spp. resistentes a antimicrobianos, a pesar de que existen estudios que demuestran la actividad antibacteriana del género *Eucalyptus* spp., la mayoría de ellos están dirigidos a la salud humana, lo cual deja una brecha en su potencial uso dentro del sector agropecuario. Debido a lo antes mencionado, el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los aceites esenciales fueron obtenidos a través de la técnica de arrastre de vapor, para lo cual se colectaron 250 g de hojas frescas de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* durante la época de primavera. Una vez fueron obtenidos, se realizaron pruebas de esterilidad, y se mantuvieron en refrigeración hasta su posterior evaluación antibacteriana (Silva *et al.*, 2011). Se utilizaron cepas indicadoras (ATCC) de *Staphylococcus aureus*⁶⁵³⁸ y *Escherichia coli*³⁵²¹⁸. Las cepas bacterianas se reactivaron a partir de la crioconservación en agar Müller-Hinton (BD Bioxon, Heidelberg, Alemania) mediante la técnica de estría simple para obtener colonias aisladas. Se realizó tinción de Gram para corroborar su morfología y pureza. Una colonia de cada cepa se inoculó en caldo nutritivo (BD Bioxon) y se incubó durante 24 h en agitación constante (70rpm) a 37°C durante 24 horas. Transcurrido el tiempo de incubación ambos inóculos se ajustaron con caldo nutritivo al 0.5 de turbidez de McFarland (150 x 10⁶ cel/mL). La actividad antibacteriana se determinó mediante la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB) siguiendo las especificaciones del CLSI (2012) y a lo publicado por Zaragoza-Bastida *et al.* (2020). Para determinar la CMI se utilizó la técnica de microdilución en placa. Las concentraciones evaluadas fueron 40.0-0.31 mg/mL; como control positivo se empleó Kanamicina (32.0- 0.25 µg/mL, AppliChem 4k10421, Darmstadt, Alemania) y como control negativo se utilizó caldo nutritivo (Becton Dickinson and Difco Company, Chicago, IL, EE. UU.). Los tratamientos se evaluaron por triplicado. En una placa de 96 pozos se agregaron 100 µL de las concentraciones a evaluar junto con 10 µL del inóculo previamente ajustado. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 h. Una vez transcurrido el periodo de incubación, se añadieron 20 µL de una solución de p-iodonitrotetrazolio al 0,04% (p/v) (Sigma-Aldrich 18377, St. Louis, MO, EE. UU.) en cada pocillo y se incubó durante 30 minutos. la CMI se determinó por la concentración a la que la solución viró a rosa. Para determinar la concentración bactericida mínima (CBM) antes de la adición de la solución de p-iodonitrotetrazolio, se inocularon 5 µL de cada pocillo en agar Müller-Hinton (DIBICO® Ciudad de México, México) y se incubaron a 37°C durante 24 h. La CBM se determinó como la concentración a la que no se produjo crecimiento visible de las bacterias. Los resultados de CMI y CMB se normalizaron utilizando log10 y se analizaron mediante un diseño completamente aleatorizado a través de ANOVA utilizando el modelo lineal general (GLM). Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante análisis estadístico de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia p= 0.05 utilizando el programa Minitab 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Determinándose que el aceite esencial de *E. cinerea* (AE-Ecin) en comparación con el aceite esencial de *E. camaldulensis* (AE-Ecam) presentó mejor efecto inhibitorio, la mejor actividad de AE-Ecin ($p = 0.0001$). Se presentó sobre *E. coli* al determinarse actividad inhibitoria a una concentración de 0.62 mg/mL, valor inferior al determinado frente a *S. aureus* (MIC=1.25 mg/mL). Con respecto al efecto bactericida de los aceites, únicamente el AE-Ecin presentó efecto sobre *S. aureus* considerándose de esta forma como el mejor tratamiento bactericida evaluado ($p=0.0001$, CMB=2.50 mg/mL). La actividad antibacteriana de los aceites esenciales de diferentes especies del género *Eucalyptus* spp., ha sido reportada previamente, Sebei *et al.* (2015) evaluaron a través de la técnica de difusión en disco la actividad de *E. cinerea* frente a cuatro cepas bacterianas, incluidas *E. coli* y *S. aureus*, determinando halos de inhibición de 16.0 y 10.0 mm, respectivamente, al igual que en presente estudio los autores reportaron mejor actividad sobre la cepa Gram negativa.

Cuadro 1. Concentración Mínima Inhibitoria y Concentración Mínima Bactericida de los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (mg/ml)

Bacteria	Concentración Mínima Inhibitoria			Concentración Mínima Bactericida		
	AE-Ecin	AE-Ecam	Kanamicina*	AE-Ecin	AE-Ecam	Kanamicina*
<i>S. aureus</i>	1.25 ^{Ab}	10.0 ^B	1.0	2.50 ^B	SA	2.0
<i>E. coli</i>	0.62 ^{Aa}	SA	2.0	SA	SA	2.0

AE-Cin, aceite esencial de *E. cinerea*; AE-Cam, aceite esencial de *E. camaldulensis*; ^{a, b} diferentes literales en minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias; ^{A, B} diferentes literales en mayúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; *Valores expresados en µg/mL.

En un estudio similar Silva *et al.* (2011) reportaron que el aceite esencial de hojas de *E. cinerea* colectadas en primavera presentó actividad inhibitoria sobre *S. aureus* a una concentración de 1.56 mg/mL, valor similar al determinado en el presente estudio (CMI=1.25 mg/mL). Con respecto a la actividad antibacteriana de *E. camaldulensis*, Dogan *et al.* (2017) reportaron que el aceite esencial a una concentración de 30 µg/mL generó halos de inhibición de 17.0 y 25.0 mm sobre *S. aureus* y *E. coli*, respectivamente, por su parte Knezevic *et al.* (2016), determinaron una CMI de 1.0 µL/mL sobre *E. coli* y *S. aureus*, valor inferior a los determinados en el presente estudio. Pocos son los estudios que reportan la actividad bactericida del género de los eucaliptos, sin embargo, recientemente Santos *et al.* (2024) determinaron la Concentración Mínima Bactericida de *Eucalyptus radiata* sobre cepas de *E. Coli*, determinando actividad a concentraciones de entre 500 µL/mL y 1000 µL/mL, si bien las técnicas y en algunos casos las especies vegetales empleadas en los ensayos previamente discutidos no fueron similares a las de nuestro estudio, estos confirman la potencial actividad antibacteriana de los aceites del género *Eucalyptus* spp.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* pueden ser considerados como alternativa farmacológica sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, sin embargo, serán necesarios estudios posteriores para determinar el o los compuestos responsables de la actividad antibacteriana.

LITERATURA CITADA

- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2012). Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically (Approved Standards; CLSI document M7-A5). CLSI.
- Dogan, G., Kara, N., Bağcı, E., y Gur, S. (2017). Chemical composition and biological activities of leaf and fruit essential oils from *Eucalyptus camaldulensis*. *Zeitschrift für Naturforschung C: Journal of Biosciences*, 72(11-12), 483–489. <https://doi.org/10.1515/znc-2016-0033>
- Knezevic, P., Aleksić, V., Simin, N., Svircev, E., Petrovic, A., y Mimica-Dukic, N. (2016). Antimicrobial activity of *Eucalyptus camaldulensis* essential oils and their interactions with conventional antimicrobial agents against multidrug resistant *Acinetobacter baumannii*. *Journal of Ethnopharmacology*, 178, 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.12.008>
- Madhumita, P., Meenu, M., Padhan, B., Patel, R., y Xu, B. (2023). Antibacterial activity of essential oils from different plant parts against *Salmonella* and *Listeria* spp. *Food Chemistry*, 404, Article 134723. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134723>
- Miguel, M. G., Gago, C., Antunes, M. D., Lagoas, S., Faleiro, M. L., Megías, C., Cortés-Giraldo, I., Vioque, J., and Figueiredo, A. C. (2018). Antibacterial, antioxidant, and antiproliferative activities of *Corymbia citriodora* and the essential oils of eight *Eucalyptus* species. *Medicines (Basel, Switzerland)*, 5(3), 61. <https://doi.org/10.3390/medicines5030061>
- Samreen, I., Iqbal Ahmad, H. A., Malak, H., y Abulreesh, H. H. (2021). Environmental resistance to antimicrobials and its drivers: A potential threat to public health. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 27, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.08.001>
- Santos, B., Farias, J. H. A., Simões, M. M., Medeiros, M. A. A., Alves, M. S., Diniz, A. F., Soares, A. P. O., Cavalcante, A. P. T. M., Silva, B. J. N., Almeida, J. C. S., Lemos, J. O., Rocha, L. E. S., Santos, L. C., Azevedo, M. L. G., Vieira, S. W. F., Araújo, V. E., y Oliveira Filho, A. A. (2024). Evaluation of the antimicrobial activity of *Eucalyptus radiata* essential oil against *Escherichia coli* strains isolated from meat products. *Brazilian Journal of Biology*, 84, Article e281361. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.281361>
- Sebei, K., Sakouhi, F., Herchi, W., Khouja, M., y Boukhchina, S. (2015). Chemical composition and antibacterial activities of seven *Eucalyptus* species essential oil leaves. *Biological Research*, 48(7). <https://doi.org/10.1186/0717-6287-48-7>
- Sharafati Chaleshtori, F., Saholi, M., and Sharafati Chaleshtori, R. (2018). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activity of *Bunium persicum*, *Eucalyptus globulus*, and rose water on multidrug-resistant *Listeria* species. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, 23, Article 2515690X17751314. <https://doi.org/10.1177/2515690X17751314>
- Silva, S. M., Frensch, G., Marques, F., y Nakashima, T. (2011). Essential oils from different plant parts of *Eucalyptus cinerea* F. Muell. ex Beneth. (Myrtaceae) as a source of 1,8-cineole and their bioactivities. *Pharmaceuticals*, 4(12), 1535–1550. <https://doi.org/10.3390/ph4121535>
- Soliman, F. M., Fathy, M. M., Salama, M. M., y Saber, F. R. (2014). Chemical composition and bioactivity of the volatile oil from leaves and stems of *Eucalyptus cinerea*. *Pharmaceutical Biology*, 52(10), 1272–1277. <https://doi.org/10.3109/13880209.2014.889177>
- Zaragoza-Bastida, A., Flores-Aguilar, S. C., Aguilar-Castro, L. M., Morales-Ubaldo, A. L., Valladares-Carranza, B., Rangel-López, L., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld-Miranda, C. E., y Rivero-Pérez, N. (2020). Antibacterial and hemolytic



Congreso Internacional

Ciencias Veterinarias y Producción Animal

26 y 27 de octubre de 2023



“Una salud y estrategias no farmacológicas que promuevan la salud y producción animal sustentable”



Memorias en



ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE <i>Cuscuta tinctoria</i> SOBRE BACTERIAS DE IMPORTANCIA EN "UNA SALUD"	271
ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO COMÚN (<i>Origanum vulgare</i> L.) COMO INHIBIDOR DE LA ECLOSIÓN DE HUEVOS DE <i>Haemonchus contortus</i>	276
ACEITES ESENCIALES DE <i>Eucalyptus cinerea</i> Y <i>Eucalyptus camaldulensis</i> COMO ALTERNATIVA SOBRE <i>Staphylococcus aureus</i> Y <i>Escherichia coli</i>	281
POSIBLE RICKETSIOSIS EN UNA ESTUDIANTE DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA: REPORTE DE CASO.....	286
IDENTIFICACIÓN Y PERFIL DE RESISTENCIA A ANTIMICROBIANOS DE PATÓGENOS AISLADOS DE LECHE CRUDA Y QUESOS FRESCOS DE CABRA DE SISTEMAS FAMILIARES EN MÉXICO	290
RABIA ATÍPICA EN ANIMALES DOMÉSTICOS Y SILVESTRES	297
RECONOCIMIENTO DEL PÉPTIDO DE Glutathion S-transferasa POR IgG DE BOVINOS INFECTADOS CON <i>Haemonchus placei</i>	302
IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL DE TIPO OCUPACIONAL PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES EN JAGUARES (<i>Panthera onca</i>) BAJO CUIDADO HUMANO	306
DISEÑO DE UNA PCR MULTIPLEX PARA EL DIAGNÓSTICO MOLECULAR DE MOLLICUTES ASOCIADOS CON TRASTORNOS REPRODUCTIVOS EN BOVINOS	310
APLICACIÓN SELECTIVA DE TRATAMIENTOS EN BOVINOS CON GARRAPATAS DE TABASCO, MÉXICO	314
EPIFISITIS SÉPTICA EN UN POTRILLO. ESTUDIO DE CASO	318
PRESENCIA DE <i>Eimeria</i> spp EN CONEJOS NATURALMENTE INFECTADOS, EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO.....	324
PANELES MULTIPARAMÉTRICOS PARA EL ANÁLISIS DE SUBPOBLACIONES DE LINFOCITOS T EN BOVINOS TUBERCULOSOS POR CITOMETRÍA DE FLUJO	329
DIAGNOSTICO MOLECULAR DE LOQUE EUROPEA EN COLONIAS DE ABEJAS MELIFERAS	334
COMPORTAMIENTO EPIDEMIOLÓGICO DE LA FIEBRE MANCHADA DE LAS MONTAÑAS ROCOSAS EN EL ESTADO DE SINALOA, MÉXICO.....	338
CAPACITACIONES VIRTUALES PARA APICULTORES ORIENTADAS A LA PREVENCIÓN DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES EN LAS ABEJAS MELÍFERAS	342
CARACTERÍSTICAS QUÍMICO-NUTRÍTIVAS DE VAINAS DE MEZQUITE (<i>Prosopis laevigata</i>) COSECHADAS A TRES ESTADOS DE MADUREZ	346

ACEITES ESENCIALES DE *Eucalyptus cinerea* Y *Eucalyptus camaldulensis* COMO ALTERNATIVA SOBRE *Staphylococcus aureus* Y *Escherichia coli*

ESSENTIAL OILS FROM *Eucalyptus cinerea* AND *Eucalyptus camaldulensis* AS AN ALTERNATIVE AGAINST *Staphylococcus aureus* AND *Escherichia coli*

Belén Rodríguez-Mesas¹, Ana Lizet Morales-Ubaldo¹, Yesica Anayanci Morales-Ubaldo¹, Linda Ana Luisa López-Hernández¹, Nallely Rivero-Perez¹, Misael López-Rodríguez¹, Daniel Melo-Guzmán¹, Evelin Mariana Islas-Durán¹, Adrian Zaragoza-Bastida¹

Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. adrian_zaragoza@uaeh.edu.mx

RESUMEN

La resistencia a los antimicrobianos ha surgido en humanos, animales y el ambiente como una grave preocupación mundial en el siglo ~~XXI~~. Debido a este fenómeno se ha optado por llevar a cabo investigaciones de diversas plantas de uso medicinal, así como sus extractos y aceites esenciales con la finalidad de proponer alternativas de tratamiento eficaces, económicas y de bajo impacto ambiental. Debido a lo antes mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Los aceites esenciales de ambas especies del género *Eucalyptus* se extrajeron por el método de arrastre de vapor. Para evaluar la actividad antibacteriana se determinó la concentración mínima inhibitoria. Los resultados obtenidos mostraron que el aceite esencial de *E. cinerea* presentó mejor actividad en comparación con *E. camaldulensis* siendo más activo frente a *E. coli*. Los resultados obtenidos muestran que los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* pueden ser considerados como alternativa de tratamiento sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, sin embargo, será necesario llevar a cabo estudios en donde se determiné el o los compuestos responsables de la actividad antibacteriana.

Palabras clave: Actividad antibacteriana, *Eucalyptus cinerea*, *Eucalyptus camaldulensis*, aceites esenciales.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance has emerged in humans, animals, and the environment as a serious global concern in the 21st century. Due to this phenomenon, it has been decided to carry out research on various plants for medicinal use, as well as their extracts and essential oils to propose effective, economical treatment alternatives with low environmental impact. The aim of the present study was to determine the antibacterial activity of the essential oils of *Eucalyptus cinerea* and *Eucalyptus camaldulensis* on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The essential oils of both species were extracted by the steam drag method. To evaluate the antibacterial activity the minimal inhibitory concentration was

determined, obtained results showed that *E. cinerea* essential oil was more active than *E. camaldulensis* essential oil, being more active on *E. coli*. Obtained results showed that the essential oils from *Eucalyptus cinerea* and *Eucalyptus camaldulensis* can be considered as an alternative treatment for *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, nevertheless, it will be necessary to carry out studies in which compounds responsible for the antibacterial activity will be determined.

Keywords: Antibacterial activity, *Eucalyptus cinerea*, *Eucalyptus camaldulensis*, essential oils.

INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antimicrobianos ha surgido en humanos, animales y el medio ambiente como una grave preocupación mundial en el siglo XXI (Samreen *et al.*, 2021). Debido a este fenómeno se ha optado por llevar a cabo investigaciones de diversas plantas de uso medicinal, así como sus extractos y aceites esenciales. Los aceites esenciales son mezclas complejas de sustancias biológicamente activas que se utilizan como agentes aromatizantes y en diversos productos comerciales, como en industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica que han ganado popularidad recientemente debido a su potente actividad antimicrobiana contra algunos patógenos alimentarios, se descubrió que los compuestos principales junto con los componentes menores de los aceites esenciales extraídos de diferentes partes de diversas especies de plantas eran responsables de la actividad antibacteriana (Madhumita *et al.*, 2023). Existen reportes de las diversas propiedades de las especies de eucalipto, ya que además de ser utilizada en la industria de los perfumes se han reportado sus actividades biológicas como antisépticos, antipiréticos, analgésicos y agentes antibacterianos (Soliman *et al.*, 2014). Debido a lo antes mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de los aceites esenciales

Los aceites esenciales fueron obtenidos a través de la técnica de arrastre de vapor, para lo cual 250 g de hojas frescas de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis*. Una vez que fueron obtenidos, se realizaron pruebas de esterilidad, posteriormente se mantuvieron en refrigeración hasta la evaluación antibacteriana (Silva *et al.*, 2011).

Prueba de esterilidad

En agar Müller-Hinton se colocaron 5 microlitros de cada tratamiento y posteriormente se llevaron a incubar a 37°C durante 24 horas.

Material biológico

Para evaluar la actividad antibacteriana se utilizaron cepas indicadoras (ATCC) de *Staphylococcus aureus* ⁶⁵³⁸ y *Escherichia coli* ³⁵²¹⁸. Una colonia pura de cada bacteria fue inoculada en caldo nutritivo, el cual se incubó en agitación constante (70 rpm) a 37°C durante 24 horas. Transcurrido el tiempo ambos inóculos se ajustaron con caldo nutritivo al 0.5 de turbidez de McFarland (150×10^6 cel/mL).

Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana se determinó mediante la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) siguiendo las especificaciones del CLSI (2012) y a lo publicado por Zaragoza-Bastida *et al.* (2020). Para la determinación de la CMI se utilizó el método de microdilución en placa, se evaluó un rango de concentraciones de 40.0 a 0.31 mg/mL, cada tratamiento se evaluó por triplicado en una placa de 96 pozos, agregando 100 µL de cada una de las diluciones más 10 µL de la suspensión bacteriana previamente ajustada. Una vez realizada la inoculación la placa se incubó a 37°C durante 24 horas en agitación constante (70 rpm), el control positivo fue Kanamicina (AppliChem 4K10421) a concentraciones de 64-0.25 µg/mL. Se utilizó caldo nutritivo como control negativo.

Para determinar el punto final de la CMI se empleó un método colorimétrico basado en el uso de sales de tetrazolium. Una vez transcurrido el tiempo de incubación se agregaron 20 µL de una solución al 0.04% (w/v) de p-iodonitrotetrazolium en cada pozo, se incubó por 30 minutos a 37°C y se realizó la lectura, determinando que la concentración mínima inhibitoria es la concentración a la cual la solución viró a rosa.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron normalizados y analizados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey a un nivel de confianza del 95 %, el paquete estadístico Minitab 18.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos mostraron que el aceite esencial de *E. cinerea* (AE-Ecin) presentó mejor actividad sobre ambas cepas en comparación con el aceite de *E. camaldulensis* (AE-Ecam), siendo *E. coli* la cepa más sensible a AE-Ecin, esto al determinarse una CMI de 0.62 mg/mL, concentración inferior a la determinada para *S. aureus* (1.25 mg/mL)

Tabla 1. Concentración de los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* sobre *S. aureus* y *E. coli* (mg/mL)

Bacteria	AE-Ecin	AE-Ecam	Kanamicina*
<i>S. aureus</i>	1.25 ^{Ab}	10.0 ^B	1.0
<i>E. coli</i>	0.62 ^{Aa}	SA	2.0

AE-Cin, aceite esencial de *E. cinerea*; AE-Cam, aceite esencial de *E. camaldulensis*; ^{a, b}, diferentes literales en minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias; ^{A, B} diferentes literales en mayúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; *Valores expresados en µg/mL.

DISCUSIÓN

La actividad antibacteriana de los aceites esenciales de diferentes especies del género *Eucalyptus* spp. ha sido reportada previamente, en el estudio realizado por Sebei *et al.* (2015), se reportó la actividad antibacteriana de *E. cinerea* frente a cuatro cepas bacterianas, incluidas *E. coli* y *S. aureus* determinando halos de inhibición de 16.00 y 10.00 mm respectivamente, al igual que en nuestro estudio, dichos autores reportaron mayor actividad antibacteriana frente a *E. coli*. En otro estudio Silva *et al.* (2011), determinó que el aceite esencial de hojas de *E. cinerea* colectadas en primavera presentó actividad inhibitoria sobre *S. aureus* a una concentración de 1.56 mg/mL, valor similar al determinado en el presente estudio, cabe mencionar que nuestro material vegetal también fue colectado en primavera. Con respecto a la actividad antibacteriana de *E. camaldulensis*, Dogan *et al.* (2017), reportaron que dicho aceite a una concentración de 30 µg/mL generó halos de inhibición de 17.0 y 25.0 mm sobre *S. aureus* y *E. coli*, respectivamente. Knezevic *et al.* (2016), determinaron una CMI de 1.0 µL/mL sobre *E. coli* y *S. aureus*, valor inferior a los determinados en el presente estudio. A pesar de que los estudios antes mencionados respaldan nuestros resultados, estos no pueden ser del todo discutidos puesto que las técnicas empleadas fueron diferentes.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que los aceites esenciales de *Eucalyptus cinerea* y *Eucalyptus camaldulensis* pueden ser considerados como alternativa de tratamiento sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, sin embargo, será necesario llevar a cabo estudios en donde se determiné el o los compuestos responsables de la actividad antibacteriana.

REFERENCIAS

- Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically (Approved Standards); CLSI document M7-A5; CLSI: Wayne, PA, USA, 2012.
- Dogan, G., Kara, N., Bagci, E., Gur, S. 2017. Chemical composition and biological activities of leaf and fruit essential oils from *Eucalyptus camaldulensis*. *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 72(11-12): 483–489.
- Knezevic, P., Aleksic, V., Simin, N., Svircev, E., Petrovic, A., Mimica-Dukic, N. 2016. Antimicrobial activity of *Eucalyptus camaldulensis* essential oils and their interactions with conventional antimicrobial agents against multi-drug resistant *Acinetobacter baumannii*. *Journal of ethnopharmacology*, 178: 125–136.

- Madhumita-Patelc, M.M., Bandana-Padhan, R.P., Baojun, Xu. 2023. Actividad antibacteriana de aceites esenciales de diferentes partes de plantas contra *Salmonella* y *Listeria* spp. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134723>
- Samreen, I.A., Hesham A.M., Hussein, H.A. 2021. Resistencia ambiental a los antimicrobianos y sus impulsores: una amenaza potencial para la salud pública. *J Glob Antimicrob Resist*.27, 101-111.
- Sebei, K., Sakouhi, F., Herchi, W., Khouja, M., Boukhchina, S. 2015. Chemical composition and antibacterial activities of seven *Eucalyptus* species essential oil leaves. *Biological Research*, 48(7).
- Silva, S.M., Frensch, G., Marques, F., Nakashima, T. 2011. Essential Oils From Different Plant Parts of *Eucalyptus cinerea* F.Muell. ex Beneth. (Myrtaceae) as a Source of 1,8-Cineole and Their Bioactivities. *Pharmaceuticals*, 4(12):1535-1550.
- Soliman, F.M., Fathy, M.M., Salama, M.M., Saber, F.R. 2014. Composición química y bioactividad del aceite volátil de hojas y tallos de *Eucalyptus cinerea*. *Biología Farmacéutica*, 52(10): 1272-1277.
- Zaragoza-Bastida, A., Flores-Aguilar, S.C., Aguilar-Castro, L.M., Morales-Ubaldo, A.L., Valladares-Carranza, B., Rangel-López, L., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld-Miranda, C. E., Rivero-Pérez, N. 2020. Antibacterial and Hemolytic Activity of *Crotalus Triseriatus* and *Crotalus Ravus* venom. *Animals*, 10 (2): 281.

Reconocimientos en congresos

EL GOBIERNO DE BAJA CALIFORNIA SUR Y LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA DEL ESTADO A TRAVÉS DEL CONSEJO SUDCALIFORNIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (COSCYT) EN COLABORACIÓN CON EL PACE DEL CIBNOR Y LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LA PAZ.

otorga el siguiente:

RECONOCIMIENTO

a :

Belén Rodríguez Mesas

por haber obtenido el

PRIMER LUGAR

En la mesa de trabajo **Medicina y Ciencias de la Salud** durante el

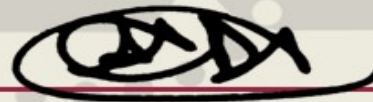
Encuentro Estatal de

Jóvenes Investigadores 2025

en Baja California Sur

La Paz, Baja California Sur, a 29 de septiembre de 2025

Dra. Sara Cecilia Díaz Castro



Directora General del Consejo Sudcaliforniano
de Ciencia y Tecnología



GOBIERNO DEL ESTADO DE
BAJA CALIFORNIA SUR



Secretaría de
Educación Pública
Gobierno de Baja California Sur

