

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA



TESIS

**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EFECTO ANTIBACTERIANO DEL
ACEITE ESENCIAL DE *Ageratina cuzcoensis* SOBRE *Staphylococcus
aureus* ATCC 29213**

PRESENTADO POR:

Br. LISSETT YADIRA QUILLAHUAMAN

CARRASCO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO**

ASESOR:

Mgt. CIRO TOMAYLLA CRUZ

CUSCO – PERU

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor CIRO TOMAYLLA CRUZ.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: Composición química y efecto
antibacteriano del aceite esencial de Argentina cuzcoensis sobre
Staphylococcus aureus ATCC 29213.....

Presentado por: Lissette Yucira Quillahuaman Carrasco..... DNI N° 75001927.....;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de Química.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 15 de Julio de 2026.....


Firma

Post firma CIRO TOMAYLLA CRUZ.....

Nro. de DNI 40809688.....

ORCID del Asesor 0000-0001-6921-1250.....

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:608061164.....

Lissett Yadira Quillahuaman Carrasco

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EFECTO ANTIBACTERIANO DEL ACEITE ESENCIAL DE Ageratina cuzcoensis SOBRE Staphyloc...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:608061164

Fecha de entrega

15 jul 2026, 10:43 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

15 jul 2026, 11:37 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS 15-07.docx

Tamaño del archivo

8.0 MB

92 páginas

17.435 palabras

101.155 caracteres

9% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

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

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

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

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este logro a mi mamá, por haber confiado siempre en mí, tus palabras de aliento, tu perseverancia y tu ejemplo constante han sido mi inspiración. Por todo el cariño y consejos que me brindaste son tesoros que valoro profundamente. A mi papá, por creer en mí en todo momento, por enseñarme a seguir siempre adelante, por cada día de trabajo duro, por todos sus sacrificios para brindarme una educación sólida que es el regalo más valioso que me diste. A mis dos queridos hermanos Yadira y Diego, por enseñarme que la vida es más divertida cuando hay compañía y por compartir tantas risas y secretos. A mi mejor amigo, compañero y confidente, Alvaro, por haber sido parte fundamental de este proceso, por tu amor y paciencia, y por estar a mi lado en los momentos de incertidumbre y cansancio.

¡Este logro también es de todos ustedes!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la familia tan hermosa que tengo, a mis padres que siempre están para apoyarme y por darme un ejemplo de sacrificio, humildad y superación; gracias a ellos hoy valoro todo lo que tengo. Les agradezco por haberme enseñado que la vida no siempre es como uno quiere, pero con esfuerzo y dedicación se pueden cumplir las cosas que anhelamos. Todo lo que he cumplido hasta ahora es gracias a ustedes por estar siempre a mi lado y acompañarme en todas mis decisiones.

Agradezco a mi asesor de tesis, el Mgt. Ciro Tomaylla Cruz por la orientación y ayuda que me brindó, por su apoyo que permitieron ampliar mis conocimientos durante el desarrollo de este trabajo, por la paciencia que me ofreció desde el inicio del trabajo de tesis.

A la Mgt. Olga Cjuno Huanca, quien estuvo presente durante el desarrollo de la parte biológica del trabajo de tesis, quien me dio la oportunidad de aprender sobre el comportamiento de las bacterias.

Al ingeniero Mario Cumpa Cayuri que en paz descanse por el entusiasmo que me transmitió al estudiar esta bonita carrera. Su legado perdurará como fuente de inspiración a lo largo de mi desarrollo académico y personal.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIACIONES.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	1
GENERALIDADES.....	2
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	2
FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
JUSTIFICACIÓN	4
CAPITULO I.....	6
1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1. ANTECEDENTES.....	6
1.2. BASES TEÓRICAS.....	10
1.2.1. GÉNERO <i>AGERATINA</i>	10
1.2.1.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL GÉNERO <i>AGERATINA</i>	10
1.2.1.2 COMPONENTES QUÍMICOS DEL ACEITE ESENCIAL DEL GÉNERO <i>AGERATINA</i>	11
1.2.2. ESPECIE <i>AGERATINA CUZCOENSIS (HIERON) R.M. KING & H.</i> <i>ROB.</i> 12	
1.2.2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	12
1.2.2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	12
1.2.3. ACEITES ESENCIALES.....	12

1.2.3.1	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....	16
1.2.3.1.1	EXTRACCIÓN POR PRENSADO.....	16
1.2.3.1.2	EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES	17
1.2.3.1.3	DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR DE AGUA, HIDRODESTILACIÓN, HIDRO EXTRACCIÓN O HIDRO DIFUSIÓN.....	18
1.2.3.1.4	HIDRODESTILACIÓN CON TRAMPA DE CLEVANGER.....	19
1.2.3.2	CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES.....	21
1.2.3.2.1	DENSIDAD RELATIVA	21
1.2.3.2.2	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	22
1.2.3.2.3	ROTACION ÓPTICA	22
1.2.3.2.4	ÍNDICE DE ACIDEZ	23
1.2.3.2.5	ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	23
1.2.3.2.6	SOLUBILIDAD.....	24
1.2.4.	PROPIEDADES DE LOS ACEITES ESENCIALES	24
1.2.4.1.	ANTIVIRAL.....	25
1.2.4.2.	ANTIPARASITARIA.....	25
1.2.4.3.	ANTIOXIDANTE	25
1.2.5.	PRINCIPALES COMPONENTES QUÍMICOS DE LOS ACEITES ESENCIALES.....	25
1.2.5.1.	CROMATOGRAFÍA DE GASES.....	27
1.2.5.2.	ESPECTROSCOPIA DE MASAS	28
1.2.5.3.	CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADA A ESPECTRÓMETRO DE MASAS.....	29
1.2.6.	EFFECTO ANTIBACTERIANO	30
1.2.6.1	EFFECTO ANTIBACTERIANO DE LOS ACEITES ESENCIALES.....	30
1.2.6.2	CLASIFICACION DE LOS ANTIBACTERIANOS PRESENTES EN LOS ACEITES ESENCIALES.....	30
1.2.6.3	MECANISMO DE ACCION DE LOS ANTIBACTERIANOS	31

1.2.7. <i>Staphylococcus aureus</i>	31
1.2.7.1 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.....	32
1.2.7.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	32
1.2.7.3 ENFERMEDADES CAUSADAS POR <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	32
1.2.8. HIPÓTESIS	35
1.2.8.1. HIPOTESIS GENERAL	35
CAPITULO II	36
2. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	36
2.1. TIPO DE ESTUDIO	36
2.2. VARIABLES	36
2.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES	36
2.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	36
2.3.1. MATERIALES.....	36
2.3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS	37
2.3.3. REACTIVOS.....	37
2.4. PROCESO EXPERIMENTAL	38
2.5. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	38
2.5.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL Y PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN.....	39
2.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	40
2.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA.....	40
2.6.1.1 DENSIDAD.....	40
2.6.1.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN	41
2.6.1.3 ROTACIÓN ÓPTICA	41
2.6.1.5 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	42
2.6.1.6 SOLUBILIDAD.....	43
2.6.2 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	43

2.6.2.1 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COMPONENTES QUÍMICOS	44
2.6.3 DETERMINACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO	44
CAPITULO III.....	49
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
3.1. DE RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL.....	49
3.3. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA.....	50
3.3.1. DENSIDAD.....	50
3.3.2. ÍNDICE DE REFRACCIÓN	50
3.3.3. ROTACIÓN ÓPTICA	51
3.3.4. ÍNDICE DE ACIDEZ	52
3.3.5. ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	52
3.3.6. SOLUBILIDAD.....	53
3.4 DE COMPOSICIÓN QUÍMICA	54
3.5. EFECTO ANTIBACTERIANO	59
3.5.1. CAPACIDAD BACTERICIDA.....	59
3.5.1.1. CONCENTRACIÓN MÍNIMA BACTERICIDA CMB	59
3.5.1.2. CAPACIDAD BACTERIOSTÁTICA	60
3.5.2. CAPACIDAD MÍNIMA INHIBITORIA	61
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre los métodos de extracción de aceites esenciales	20
Tabla 2 Relación densidad VS índice de refracción en aceites esenciales	21
Tabla 3 Cuadro de diluciones preparadas	47
Tabla 4 Distribución de placas Petri.	48
Tabla 5 Resultados del rendimiento de la extracción del aceite esencial.	49
Tabla 6 Resultados de solubilidad del aceite esencial de <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	53
Tabla 7 Componentes químicos del aceite esencial de <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	55
Tabla 8 Resultados de la concentración mínima bactericida del aceite esencial de <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	60
Tabla 9 Resultados de la capacidad bacteriostática del aceite esencial de <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	61
Tabla 10 Resultados de Capacidad Mínima Inhibitoria.	61
Tabla 11 Resultados de capacidad mínima inhibitoria, nivel de significancia.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Género <i>Ageratina</i>	10
Figura 2 Distribución geográfica del género <i>Ageratina</i>	11
Figura 3 Ruta del mevalonato	14
Figura 4 Ruta de metil - eritrol	15
Figura 5 Ruta del ácido shikimico	16
Figura 6 Esquema de extracción por prensado	17
Figura 7 Extracción con solventes volátiles.....	18
Figura 8 Esquema de extracción por arrastre de vapor	19
Figura 9 Esquema de extracción con trampa de Clevenger	19
Figura 10 Índice de refracción.....	22
Figura 11 Rotación óptica.....	23
Figura 12 Reacción de saponificación	24
Figura 13 Estructuras de monoterpenos	26
Figura 14 Estructuras de sesquiterpenos	26
Figura 15 Estructuras de fenilpropanos	27

Figura 16 Cromatografía de gases	27
Figura 17 Espectroscopia de masas.....	28
Figura 18 Cromatógrafo de gases - masas	29
Figura 19 Método de difusión en disco	33
Figura 20 Método de dilución en caldo	34
Figura 21 Diagrama de flujo del proceso experimental	38
Figura 22 Lugar de muestreo	39
Figura 23 Resultados de índice de refracción.....	51
Figura 24 Cromatograma del aceite esencial de la <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	54
Figura 25 Espectro de masas del D-Germacreno	56
Figura 26 Mecanismos de fragmentación del D-Germacreno.....	56
Figura 27 Espectro de masas del β Cedreno	58
Figura 28 Mecanismos de fragmentación del β Cedreno	58
Figura 29 Resultados de la CMB del AE de <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	59
Figura 30 Resultados de la CMB del AE de <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Determinación taxonómica.....	74
Anexo 2 Recolección de muestra	75
Anexo 3 Tratamiento de muestra	75
Anexo 4 Obtención del aceite esencial de <i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	76
Anexo 5 Caracterización fisicoquímica del aceite esencial	77
Anexo 6 Análisis cromatográfico.....	78
Anexo 7 Espectros de masa de compuestos identificados	78
Anexo 8 Activación de la cepa <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25213.	79
Anexo 9 Análisis de actividad antibacteriana.	79

ABREVIACIONES

MS: Espectrometría de masas.

MM: Masa molecular.

GC: Cromatografía de gases.

GC – MS: Cromatografía de gases acoplado con el espectrómetro de masas.

CLSI: Instituto de Normas Clínicas y de laboratorio.

CMI: Concentración mínima inhibitoria.

CMB: Concentración mínima bactericida.

NTP: Norma técnica peruana.

meq: Miliequivalentes.

TSB: Caldo de soja tríptica (Tryptic Soy Bioth).

nD: Índice de refracción.

AE: Aceite esencial.

nm: Nanómetros.

%: Porcentaje.

µm: Micrómetros.

µL: Microlitros.

ATCC: Colección americana de cultivos tipo.

rpm: Revoluciones por minuto.

eV: Electronvoltio.

m/z: Relación masa carga.

RT: Tiempo de retención.

CDP-ME: 4-difosfocitidil-2-C-metil-D-ertritol

DXP: 1-desoxi-D-xilulosa-5-fosfato

IPP: Pirofosfato de isopentenilo

DMAPP: Dimetilalil difosfato

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar la composición química del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. y probar su eficacia antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. Para la caracterización fisicoquímica, se siguieron las Normas Técnicas Peruanas, mientras que los componentes químicos se identificaron mediante cromatografía de gases acoplado al espectrómetro de masas donde se pudo separar, reconocer y determinar cuantitativamente los componentes del aceite esencial, y para poder determinar el efecto antibacteriano, el método utilizado fue el método modificado de Kirby Bauer donde se realizaron tres pruebas, concentración mínima bactericida, bacteriostática y concentración mínima inhibitoria. En la caracterización fisicoquímica se logró determinar que el aceite esencial tiene la capacidad de ser soluble en hexano, cloroformo, acetona y etanol absoluto, el índice de refracción fue de 1.5084 ± 0.001 , la densidad se determinó en $0.9587 \pm 0.004 \text{ mg/cm}^3$, el índice de acidez alcanzó un valor de $4.784 \pm 0.011 \text{ mg KOH/g}$ y el índice de saponificación llegó a $29.095 \pm 0.021 \text{ mgKOH/g}$. En la composición química cuantitativamente los componentes identificados fueron el D-Germacreno con una abundancia de 23.61%, ácido pterin-6-carboxílico con 3.1%, β -cedreno con 11.86%, el farnesol con 10.97% y el geranilo con 10.41%. En el efecto antibacteriano se determinó que no presenta capacidad mínima bactericida, presenta capacidad bacteriostática en la dilución de 1:4, y presenta capacidad mínima inhibitoria en la dilución del 25% el cual fue comparado con el control positivo de la oxacilina.

PALABRAS CLAVE: *Ageratina*, *Staphylococcus aureus*, Composición, Antibacteriano.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the chemical composition of the essential oil of *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. and to test its antibacterial efficacy against *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. For the physicochemical characterization, Peruvian Technical Standards were followed, while the chemical components were identified using gas chromatography coupled with a mass spectrometer, which allowed for the separation, identification, and quantitative determination of the essential oil's components. To determine antibacterial activity, the modified Kirby-Bauer method was used, involving three tests: minimum bactericidal concentration, minimum bacteriostatic concentration, and minimum inhibitory concentration. In the physicochemical characterization, it was determined that the essential oil is soluble in hexane, chloroform, acetone, and absolute ethanol; the refractive index was 1.5084 ± 0.001 ; the density was determined to be $0.9587 \pm 0.004 \text{ mg/cm}^3$; the acidity index reached a value of $4.784 \pm 0.011 \text{ mg KOH/g}$, and the saponification index reached $29.095 \pm 0.021 \text{ mg KOH/g}$. In terms of quantitative chemical composition, the identified components were D-germacrene with an abundance of 23.61%, pterin-6-carboxylic acid with 3.1%, β -cedrene with 11.86%, farnesol with 10.97%, and geranyl with 10.41%. Regarding its antibacterial effect, it was determined that it does not exhibit minimum bactericidal activity, exhibits bacteriostatic activity at a 1:4 dilution, and exhibits minimum inhibitory activity at a 25% dilution, which was compared to the positive control of oxacillin.

KEY WORDS: *Ageratina*, *Staphylococcus aureus*, Composition, Antibacterial.

INTRODUCCIÓN

Las plantas se encargan de la producción de grandes cantidades de metabolitos secundarios, que tienen funciones protectoras contra los depredadores, incluidas propiedades biocidas, antibacterianas y/o repelentes contra los herbívoros. Actualmente existen más de 3000 aceites esenciales diferentes, en donde alrededor de 300 son de importancia comercial e industrial, siendo utilizados principalmente en la industria alimenticia y de especias por su sabor y aroma (Bermúdez-Vásquez *et al.*, 2019).

La bacteria de *Staphylococcus aureus* es muy importante por su implicancia en diversas patologías provocadas por la mediación de varios agentes de patogenicidad y virulencia, determinados por diferentes genes que expresan a lo largo de su vida. También se conoce que esta bacteria es complicada de tratar ya que es capaz de crecer e invadir las células huésped (Pasachova *et al.*, 2019).

La necesidad de un nuevo desinfectante y una forma de tratar las infecciones que son causadas por microorganismos que se resisten a múltiples fármacos ha fomentado el estudio de diversos productos naturales como macerados y aceites provenientes de plantas como componentes antimicrobianos naturales en lugar de utilizar productos químicos (Carhuallanqui *et al.*, 2020).

El objeto de este estudio es identificar la composición química y el efecto antibacteriano del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. (k'ipa sunchu) sobre la bacteria de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

Este estudio se realizará por la disponibilidad del material vegetal en el Distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, departamento del Cusco y tiene como finalidad proporcionar información sobre la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. que de acuerdo a la búsqueda bibliográfica aún no ha sido ampliamente estudiada químicamente y ayudará dando oportunidad a futuras investigaciones.

GENERALIDADES

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Los aceites esenciales de origen vegetal cumplen un rol ecológico fundamental, ya que actúan como atrayentes de dispersores y polinizadores, además de participar en la defensa fitoquímica de las plantas mediante su acción insecticida y antimicrobiana. Estas propiedades han permitido su extensa aplicación en diversas industrias como la alimentaria, farmacéutica, cosmética, de aromas y perfumes, así como en productos de higiene personal. Asimismo, los aceites esenciales representan una alternativa relevante frente al uso de antimicrobianos e insecticidas sintéticos para el control de insectos, hongos y nematodos, contribuyendo al desarrollo de prácticas más sostenibles (Ruiz et al., 2015).

Dentro de este contexto, el género *Ageratina*, se caracteriza por presentar una elevada diversidad de metabolitos secundarios, tales como ácidos siso- y clorogénico, lactonas sesquiterpénicas, compuestos pentacíclicos, isoflavonoides, aceites esenciales, derivados acetilénicos y alcaloides; destacando además la ausencia de iridoides y taninos. Diversas especies de este género producen metabolitos de alto valor biológico como monoterpenos, benzofuranos, sesquiterpenos y diterpenos, los cuales han mostrado potencial aplicación en el ámbito farmacológico, biotecnológico y en la industria medicinal (Muñoz, 2017).

Por otro lado, *Staphylococcus aureus* se ha consolidado como uno de los agentes bacterianos de mayor relevancia clínica a nivel mundial, debido a su capacidad para causar infecciones que van desde molestias leves hasta enfermedades graves y altamente mortales. El incremento de su incidencia se ha visto agravado por la creciente renuencia que presenta sobre los antibióticos comunes, lo que se deriva en un serio problema de salud pública (Lozano & Berenice, 2018).

Aunque los antibióticos continúan siendo el principal remedio contra infecciones bacterianas, diversos estudios han demostrado que su uso prolongado puede ocasionar efectos secundarios, toxicidad y favorecer el desarrollo de resistencia microbiana, limitando su eficacia clínica. En este contexto, surge la necesidad de investigar nuevas alternativas terapéuticas de origen natural que presenten efecto antimicrobiano efectivo y menor efecto negativo para la salud humana.

De no abordarse esta problemática, el incremento de la resistencia bacteriana, especialmente de *Staphylococcus aureus*, podría comprometer la efectividad de los tratamientos actuales, incrementando la morbilidad, mortalidad y los costos asociados a la atención sanitaria. Dentro de este contexto, los aceites esenciales han emergido como posibles alternativas terapéuticas. Sin embargo, el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. ha sido escasamente estudiado; no existen reportes suficientes que describan su composición química ni su posible efecto antibacteriano, a pesar de su uso tradicional en el tratamiento de afecciones cutáneas.

Dado que el *Staphylococcus aureus* es una bacteria que es frecuente en infecciones de piel, resulta necesario investigar si el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. posee efecto antibacteriano apyo de contener o disminuir el desarrollo de esta bacteria.

FORMULACIÓN DE PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la composición química del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. y presentará efecto antibacteriano sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 29213?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el porcentaje de extracción del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob?
- ¿Cuáles con las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob?
- ¿Cuál es la composición química del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob?
- ¿Cuál es el efecto antibacteriano del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 a concentraciones de 12.5%, 25%, 50% y 100%.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la composición química y el efecto antibacteriano del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de extracción del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.
- Analizar la composición química del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. por cromatografía de gases-espectrometría de masas.
- Identificar el efecto antibacteriano del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. al 6.25%, 12.5 %, 25 %, 50 % y 100 % frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación despierta el interés ya que la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. (k'ipa sunchu) es una planta utilizada en la medicina tradicional para el tratamiento del acné o infecciones en la piel en forma de emplasto, para ello la planta se muele y se coloca en la parte afectada. En este sentido, el estudio de esta especie permite generar información científica que respalde su uso tradicional.

El interés de la obtención del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. (K'ipa sunchu) y la elaboración del presente trabajo se basa en demostrar científicamente la composición química y el potencial antibacteriano que presenta el aceite esencial en infecciones de piel, de esta manera poder reemplazar los productos químicos por productos naturales que presentan mayor beneficio.

Desde el punto de vista social y sanitario, el trabajo es importante por la necesidad de encontrar alternativas frente a las infecciones bacterianas, especialmente aquellas que son causadas por microorganismos como *Staphylococcus aureus*, cuya resistencia a los antibióticos es un problema de salud creciente.

Los resultados obtenidos, desde el enfoque práctico, servirán de base para el desarrollo de productos naturales que tengan potenciales aplicaciones en los campos de la farmacéutica,

la cosmética o la biotecnología, fomentando el uso de compuestos bioactivos que se encuentran en plantas medicinales.

Finalmente, desde una perspectiva tecnológica y ambiental, este trabajo contribuye a la exploración y valorización de recursos vegetales autóctonos, promoviendo el uso sostenible de plantas con alto potencial bioactivo.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Valerazo et al. (2023), realizaron un estudio completo sobre el aceite esencial aislado de *Ageratina dendroides* (Spreng.) R.M. King & H. Rob., con el objetivo de determinar la composición química, distribución enantiomérica y evaluar sus actividades biológicas. El aceite esencial fue obtenido por el método de hidrodestilación y se analizó por cromatografía de gases - espectrometría de masas (GC-MS), lo que permitió identificar algunos componentes mayoritarios como los monoterpenos y los sesquiterpenos oxigenados, compuestos comúnmente asociados con propiedades bioactivas. Adicionalmente, los autores evaluaron la distribución enantiomérica de los principales monoterpenos quirales, evidenciando un predominio de enantiómeros específicos, lo que aporta información relevante sobre la biosíntesis y la posible influencia en la actividad biológica del aceite esencial. En cuanto a las actividades biológicas, el aceite esencial demostró que presenta actividad antimicrobiana moderada contra cepas bacterianas y fúngicas de importancia clínica, así como una capacidad antioxidante apreciable, atribuida a la presencia de compuestos terpénicos oxigenados. Con respecto a sus propiedades físicas presentó un rendimiento de 0.65% y densidad de 0.87 g/mL. Así mismo, el estudio reportó una actividad inhibidora sobre las enzimas colinesterasas, lo que sugiere un potencial uso del aceite esencial en investigaciones relacionadas con trastornos neurodegenerativos. En conjunto, los resultados indican que el aceite esencial de *Ageratina dendroides* posee una composición química compleja y actividades biológicas relevantes, respaldando su valor como fuente natural de compuestos bioactivos y constituyendo un antecedente importante para estudios fitoquímicos y farmacológicos en el género *Ageratina*.

Gutiérrez (2021), realizó un estudio donde describió el hallazgo de inhibidores de α -glucosidasas de la especie *Ageratina grandifolia* donde los análisis de los compuestos químicos volátiles fueron caracterizados por cromatografía de gases - espectrometría de masas, los compuestos que representan el 54.6 % de componentes del aceite esencial de *Ageratina grandifolia* son, desmetoxiencalinalina con 18 %, o-cimeno con 8 %, β -eudesmol 19 %, y encalinalol con 8 % asimismo se aislaron 4 cromenos y se realizaron evaluaciones biológicas in vitro de los componentes aislados donde se determinó su actividad como inhibidores de las enzimas α -glucosidasa de *Saccharomyces cerevisiae*.

Jardines et al. (2021), en el artículo publicado mostraron la evaluación de la actividad que presenta la *Ageratina havanensis* en contra del virus dengue 2, evaluaron la actividad antiviral con los extractos etanólico y butanólico del tallo donde los valores citotóxicos están por encima de 4500 ug/ml y de las hojas respectivamente por el método de detección de productividad vírica, también aislaron flavonoides a partir de la *Ageratina havanensis* y concluyeron en que los flavonoides aislados y los extractos de la *Ageratina havanensis* presentan acción antiviral.

Fajardo et al. (2020), en el trabajo publicado determinaron la composición química del aceite esencial de *Ageratina neriifolia* (Asteraceae) y la actividad antibacteriana que presenta sobre bacterias grampositivas y gramnegativas *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, y *Klebsiella pneumoniae* donde obtuvieron el aceite esencial de la *Ageratina neriifolia* por hidrodestilación con la trampa de Clevenger, y se logró la determinación de la composición química del aceite esencial utilizando cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas, evaluaron la actividad antibacteriana utilizando el método de difusión en disco – agar. Los resultados indicaron que el rendimiento del aceite esencial fue de un 0.20 % y que en su composición presentan sesquiterpenos de hidrocarburos, monoterpenos y sesquiterpenos oxigenados entre ellos se identificaron 22 compuestos, entre ellos están el humuleno, germacreno-D, mirceno, limoneno, biciclogermacreno, pineno y cadineno, y determinaron que presenta actividad antibacteriana el aceite esencial con concentración mínima inhibitoria de 75 ug/mL contra bacterias gramnegativas y positivas. El artículo concluyó en que el aceite esencial de *Ageratina neriifolia* está compuesto fundamentalmente por sesquiterpenos y monoterpenos, y también presenta buenos efectos antibacterianos contra las bacterias grampositivas y gramnegativas.

Olmos et al. (2018), en la investigación realizaron el estudio comparativo del aceite esencial de la *Ageratina elegans*, *Ageratina tinifolia*, *Pentacalia vaccinioides* como componentes que disminuyen la evaporación de una fragancia, el aceite esencial pudo obtenerse por extracción con fluidos súper críticos y por el método Soxhlet donde el método en el cual se tuvo mayor rendimiento fue el de extracción con fluidos súper críticos y para poder determinar la composición del aceite esencial utilizando el equipo de cromatografía de gases - espectrómetro de masas, se realizó la fijación en el perfume por análisis de termo gravimetría teniendo en cuenta algunos factores ambientales como el almacenamiento. Finalmente, se concluyó en que los aceites aumentaban la durabilidad del perfume por el

tiempo de retención que varían entre 40 minutos y 3 minutos y que el aceite esencial de la *Ageratina elegans* presenta componentes menos volátiles que los demás aceites.

Ramirez *et al.* (2016), en el trabajo presentado lograron determinar la composición del aceite esencial de la especie *Ageratina jocotepecana* y la repelencia en termitas *Incisitermes marginipennis* de madera seca, el aceite esencial se logró obtener mediante destilación al vapor y la composición del aceite esencial se analizó por cromatografía de gases – acoplado con un detector selectivo de masas utilizaron al citronelol como un control positivo para el efecto repelente. Los resultados determinaron que el aceite esencial si presenta un efecto barrera irritante sobre las termitas y entre sus constituyentes encontraron veintiocho compuestos, entre los que destacan carvacrol, cariofenilo, espatulenol, timol, y fencheno. El estudio concluyó en que el aceite esencial de la *Ageratina jocotepecana* presenta un gran potencial repelente de termitas de madera seca debido al carvacrol y lo consideran como un potencial conservante del pino.

Torres-Barajas *et al.* (2012), en el artículo determinaron la composición química y se realizó la evaluación de la actividad antibacteriana que presentan los aceites esenciales de las especies *Ageratina pichinchensis* y *Ageratina jahnii*, donde sus aceites esenciales fueron obtenidos mediante arrastre de vapor y pudo ser separado por la formación de dos fases que se presenta entre el aceite esencial y agua, para determinar la composición utilizaron espectrometría de masas comparativa y para la actividad antibacteriana utilizaron el método de difusión en disco según Rondon. Los resultados mostraron que identificaron 15 compuestos en la *Ageratina jahnii* y 22 compuestos en la *Ageratina pichinchensis*, y la actividad antibacteriana que se realizó lo hicieron contra bacterias Gram positivas donde la *Ageratina jahnii* y la *Ageratina pichinchensis* presentan efecto antibacteriano con CMI de 49.5mg/ml y 104mg/ml respectivamente en *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis*.

1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Gonzales et al. (2021), desarrollaron una investigación en la que evaluaron la actividad antioxidante de los extractos acuosos de diversas plantas silvestres de los Andes por un ensayo in vivo de levadura, evaluaron la actividad antioxidante mediante el método DPPH, las especies estudiadas fueron; la *Ageratina sternbergiana* donde presentó actividad antioxidante de 85 ug/ml, *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. con un valor de 122 ug/ml, *Plantago australis* con una actividad antioxidante de 157 ug/ml, *Stevia macbridei* con un valor de actividad antioxidante de 69 ug/ml, *Baccharis latifolia* con una actividad antioxidante de

107 ug/ml, *Calceolaria myriophylla* con un valor de 183 ug/ml y finalmente la *Adiantum orbignyanum* con una actividad antioxidante de 135 ug/ml. Con la determinación de la capacidad antioxidante la composición de los diferentes extractos contiene compuestos volátiles capaces de neutralizar los radicales libres. En la evaluación de capacidad antioxidante por 2, 2-difenil-1-picrillhidrazilo (DPPH) y también por el ensayo de levadura mostraron que las hojas secas de las especies que analizaron presentan alto contenido de antioxidantes.

Hurtado et al. (2021), desarrollaron un estudio etnobotánico sobre asteráceas silvestres medicinales, recolectaron muestras de *Asteraceae* de dos comunidades surandinas del Perú, y lo clasificaron en 18 subgrupos medicinales. Los resultados mostraron que la *Asteráceae* que presenta una importancia cultural para las dos comunidades por su uso medicinal fue *Ambrosia arborescens* “marko” y que este aún se conserva en las comunidades.

Cabrera (2019), investigó la sustancia activa del aceite esencial de *Luma chequen* (Molina) A. Gray, conocido como “arrayán”, y evaluó su actividad antibacteriana. En este estudio, se recogieron muestras del arbusto nativo de la región andina de Arequipa (2400–3400 m s. n. m.) y se extrajo el aceite esencial con destilación por arrastre con vapor de agua, donde se obtuvo un rendimiento de 0.83 %. El aceite se caracterizó físicamente y químicamente mediante espectroscopia (UV-VIS e IR), así como cromatografía de gases - espectrometría de masas (GC-MS), identificándose 40 compuestos, destacando α -pineno, β -pineno y sabineno como mayoritarios, junto con otros como cineol, linalol y mirceno. La evaluación de la actividad antibacteriana señaló que el aceite esencial inhibe el crecimiento de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus mutans*, evidenciado por diámetros significativos de halo de inhibición a diferentes concentraciones. Estos resultados indican que los compuestos terpenoides presentes en el aceite esencial de *Luma chequen* poseen efectos antibacterianos frente a bacterias evaluadas con significancia estadística ($p < 0.05$).

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. GÉNERO *Ageratina*

Este género fue descrito por primera vez por Edouard Spach en el año 1841 junto a la especie *Eupatorium aromaticum*. En el año de 1970 reclasificaron las especies del género al *Eupatorium* por ser un género amplio. La denominación de *Ageratina* surge del latín “*Ageratum*”, que es una especie de la tribu *Eupatoriae*. Los aceites esenciales del género *Ageratina* son caracterizados por la presencia de sesquiterpenoides y monoterpenoides (Gutiérrez, 2021).

Figura 1

Género Ageratina



Nota. Fuente propia

1.2.1.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL GÉNERO *Ageratina*

Las plantas del género *Ageratina* tienen cerca de 290 especies divididas a lo largo del Norte y Sur de América, la gran cantidad de especies de *Ageratina* se encuentran en el Centro de América (Gutiérrez, 2021).

Figura 2

Distribución geográfica del género Ageratina



Nota. Imagen modificada (GBIF, 2020)

<https://gbif.app.goo.gl/WnHNQ991JVo8JZmF9>

1.2.1.2 COMPONENTES QUÍMICOS DEL ACEITE ESENCIAL DEL GÉNERO *Ageratina*

Según, Torres-Barajas *et al.* (2012):

Los componentes que se presentan en el aceite esencial del género *Ageratina* son:

- β -pineno
- Carvacrol
- Spathulenol
- Terpinen-4-ol
- Precoceno
- β -cariofileno
- Germacreno-D
- α -humuleno
- Mirceno

1.2.2. ESPECIE *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

1.2.2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El espécimen, materia en estudio fue identificada y certificada por el Herbario Vargas CUZ de la Facultad de Biología de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco de acuerdo a la clasificación de Hieron, como:

Reino	: <i>Plantae</i>
División	: <i>Magnoliophyta</i>
Clase	: <i>Magnoliopsida</i>
Orden	: <i>Asterales</i>
Familia	: <i>Asteraceae</i>
Género	: <i>Ageratina</i>
Especie	: <i>Ageratina cuzcoensis</i> R.M. King & H. Rob.
Nombre Común	: Marqarinqa / Pisqupa chakin / K'ipa sunchu

1.2.2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Es una planta aromática, crece a una altura de 10 a 40 cm; tiene hojas lanceoladas simples, tallos erguidos, y flores de color lila pequeñas en la cima de los tallos, crece en lugares escasamente herborizados, especialmente en cimas de cordilleras aisladas a una altura de 2500-4000 m. de altitud, éstas hacen su aparición en Enero y florecen a comienzos de Mayo. Esta distribuido en Perú, Bolivia, Chile en la Provincia Oruro – Arequipa (J. Hurtado et al., 2021).

1.2.3. ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales se definen como mezclas volátiles formadas por una amplia variedad de compuestos que se obtienen de plantas ricas en moléculas aromáticas intensas, como limoneno, mirceno, α -pineno, β -pineno, canfeno, farneseno, bisaboleno, humuleno, fitol, linalol, citral, mentol, tuyona, alcanfor, eugenol, anetol, cinamaldehído, safrol, vainillina, geraniol, nerol, terpineol, entre otros. En general, estos aceites están conformados por diferentes tipos de sustancias químicas, entre las que destacan ésteres, fenoles, alcoholes, hidrocarburos, cetonas y aldehídos ((Bin Nabi et al., 2025).

La composición química de los aceites esenciales está influenciada por la fuente de la planta, el medio ambiente, y la forma de extracción. El valor económico de un aceite esencial y su aplicación en la industria están relacionados directamente con su actividad biológica y su composición química (Acevedo *et al.*, 2013).

El uso de la palabra «volátil» cuando se refiere a los aceites nos demuestra la buena capacidad que tienen sus moléculas orgánicas para poder cambiar de estado. Por lo tanto, las plantas se diferencian unas de otras e incluso de especie a especie. La calidad del aceite esencial se puede ver afectada por algo tan simple como el fertilizante utilizado durante la temporada de crecimiento. Además, el tiempo de cosecha y la parte recolectada pueden influir en la potencia y eficacia del producto resultante (Navarro, 2022).

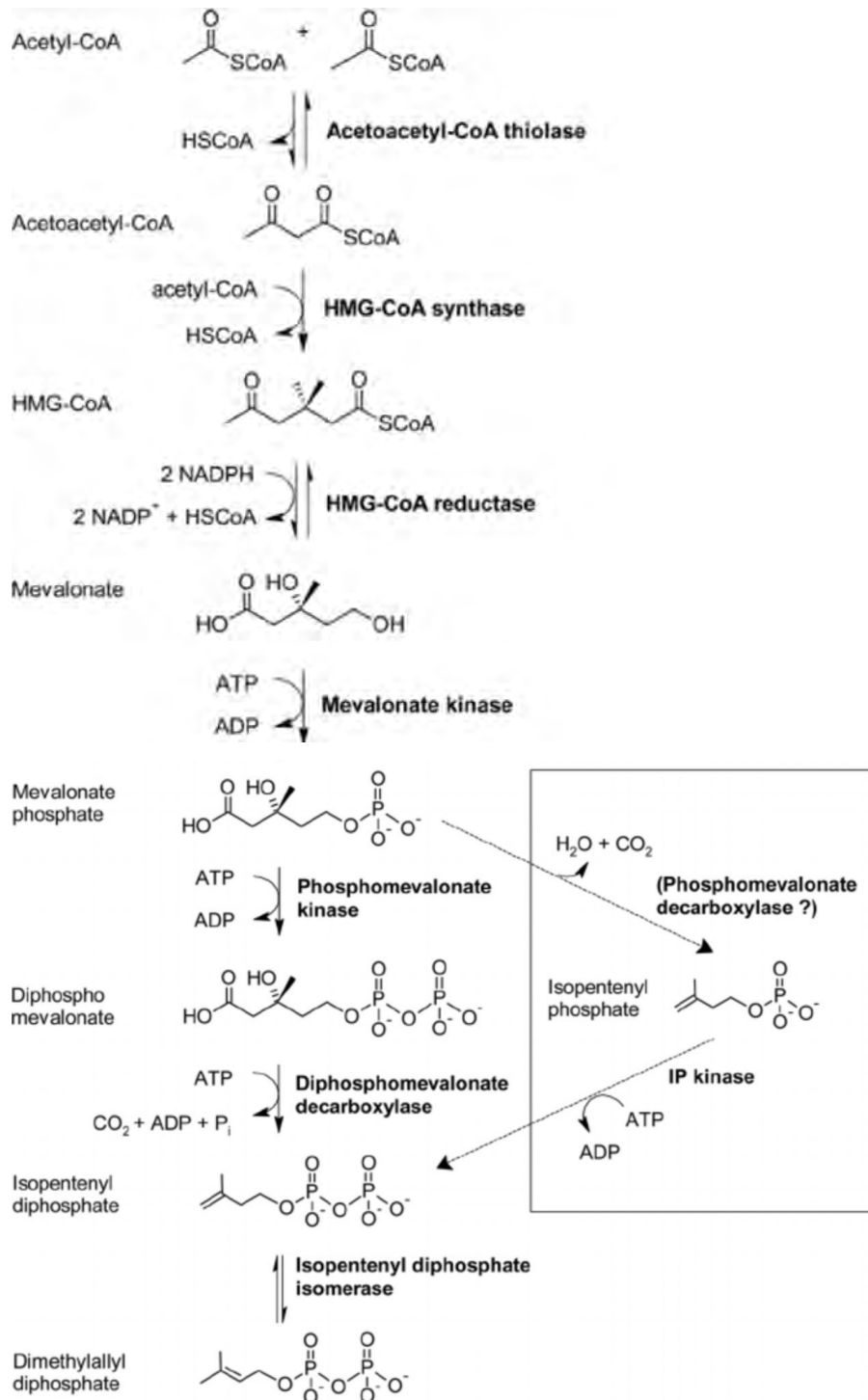
Los principales compuestos químicos proceden de tres rutas biosintéticas: los sesquiterpenos vienen de la ruta del mevalonato, los monoterpenos de la vía del metil-eritrol de igual manera los diterpenos, los fenilpropanoides de la ruta del ácido shikímico (Mena *et al.*, 2020).

RUTAS BIOSINTÉTICAS DE LOS PRINCIPALES COMPUESTOS QUÍMICOS:

- A. Ruta del mevalonato: En esta vía, dos moléculas de acetil-CoA son condensados para poder generar 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA (HMG-CoA). Luego, esta molécula es reducida por una enzima llamada 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductasa (HMGR), dando origen al mevalonato, que posteriormente se transforma en isopentenil difosfato (IPP). Parte del IPP es convertida en dimetilalil difosfato (DMAPP) mediante la isopentenil difosfato isomerasa. Finalmente, el IPP y el DMAPP remanentes son utilizados por la poliiopreno pirofosfato sintasa para sintetizar los precursores que darán lugar a sesquiterpenos, triterpenos y esteroides (Huang, 2021).

Figura 3

Ruta del mevalonato



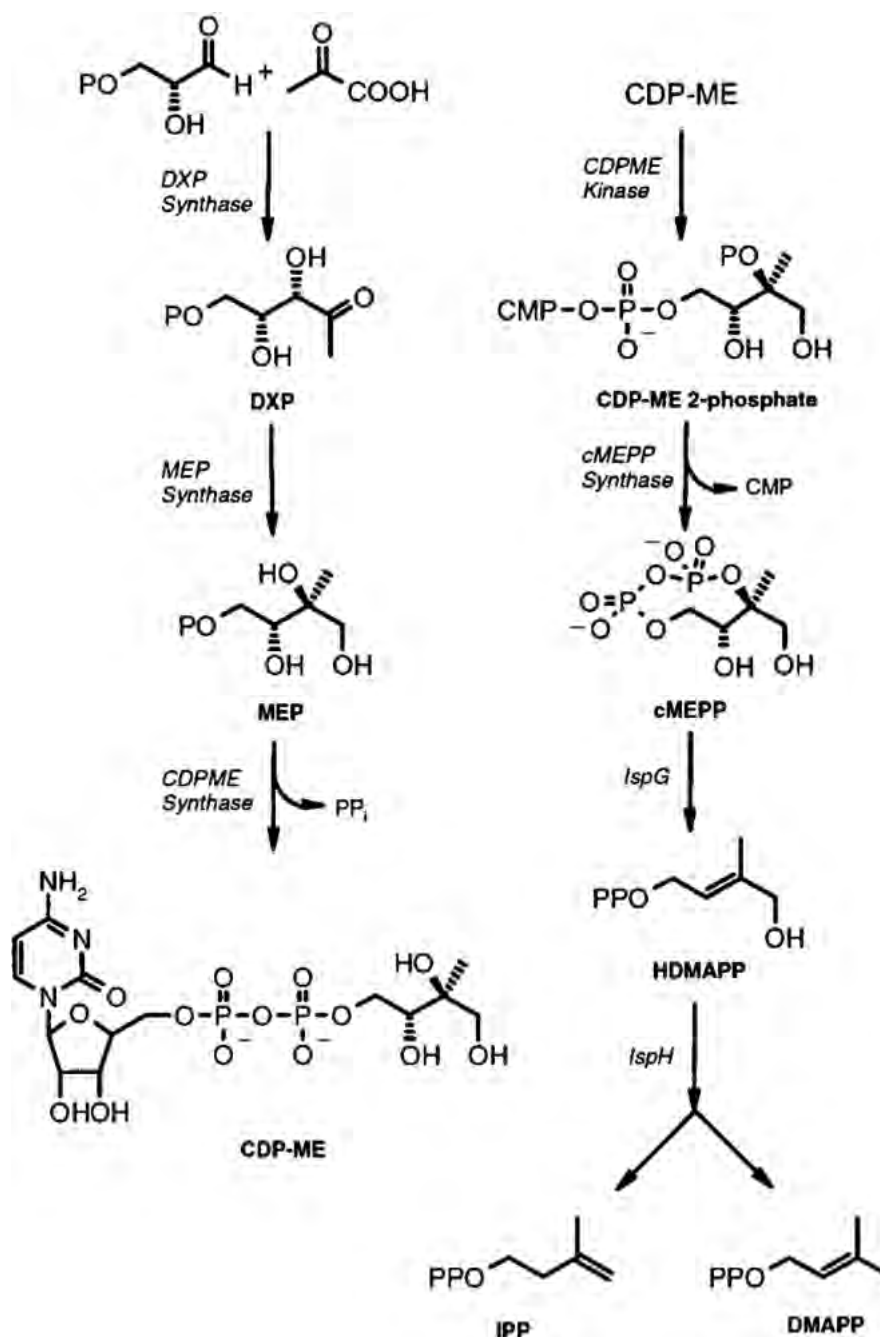
Nota. (Primak, 2021)

B. Ruta del metil – eritrol: La ruta MEP se localiza principalmente en los plástidos de plantas y en procariotas. En este proceso, el IPP y el DMAPP se generan a partir de la condensación entre gliceraldehído-3-fosfato (GA-3P) y piruvato, reacción que ocurre

mediante la acción de diversas enzimas. A través de esta vía se producen monoterpenos, diterpenos y tetraterpenos en las plantas (Huang, 2021).

Figura 4

Ruta de metil - eritrol



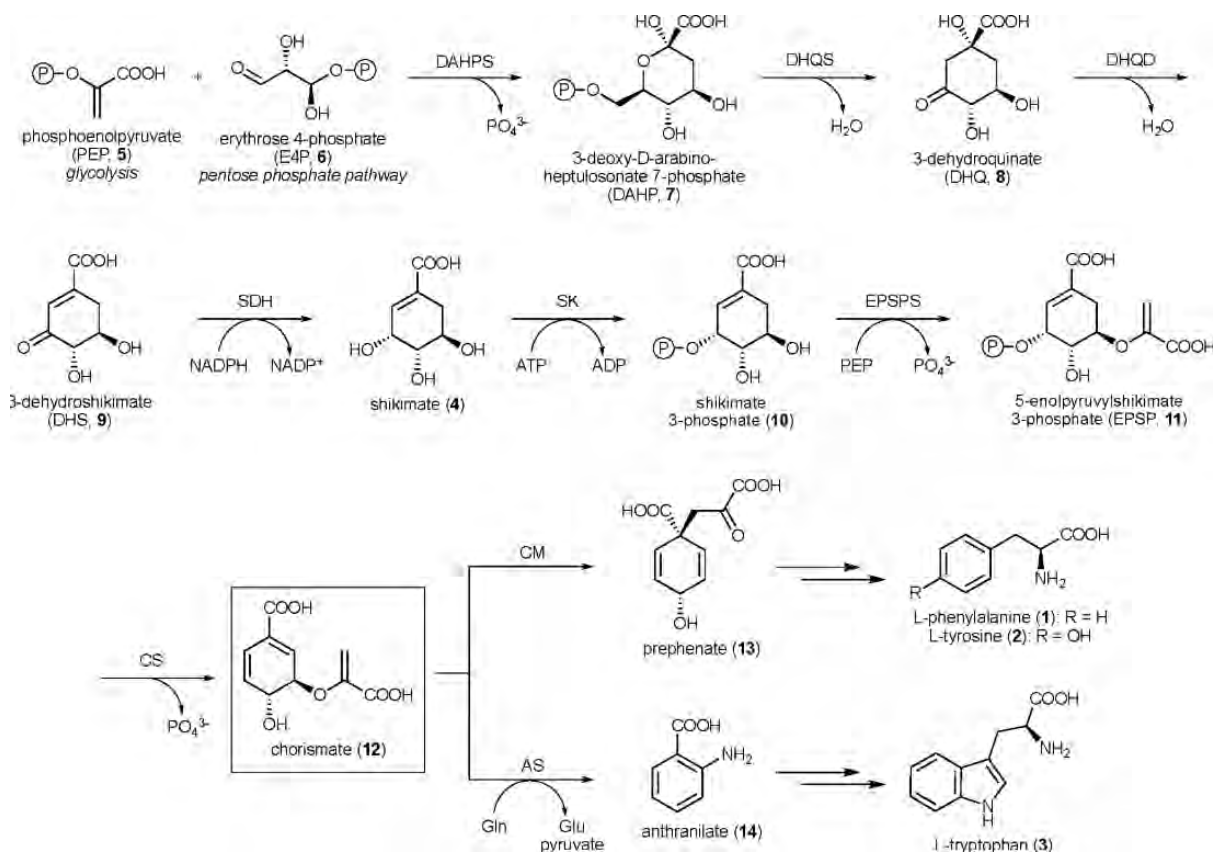
Nota. (Poulter, 2022)

- A. Ruta del ácido shikímico: Esta ruta constituye el camino metabólico mediante el cual se generan los aminoácidos aromáticos; fenilalanina, tirosina y triptófano. A lo largo de siete reacciones sucesivas, las moléculas iniciales fosfoenolpiruvato (PEP) y eritrosa-4-fosfato (E4P) se transforman primero en shikimato y luego en corismato,

compuesto que actúa como intermediario central desde el cual se derivan dichos aminoácidos aromáticos (Vikram, 2025).

Figura 5

Ruta del ácido shikímico



Nota. (Bauman, 25)

1.2.3.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales pueden ser aislados por diversos métodos, los cuales son:

1.2.3.1.1 EXTRACCIÓN POR PRENSADO

El material vegetal se ajusta mecánicamente se libera aceite, que luego se recoge y filtra.

(Álvarez *et al.*, 2012).

Esquema de extracción por prensado



1.2.3.1.2 EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES

Es un método moderno para obtener aceites esenciales que utiliza el material seco y molido. Este se somete a un solvente, como cloroformo o alcohol. Estos solventes disuelven los aceites esenciales, pero junto con estos también otras sustancias como la grasa y la cera. A nivel industrial no es muy utilizado ya que es costoso (Noguera, 2020).

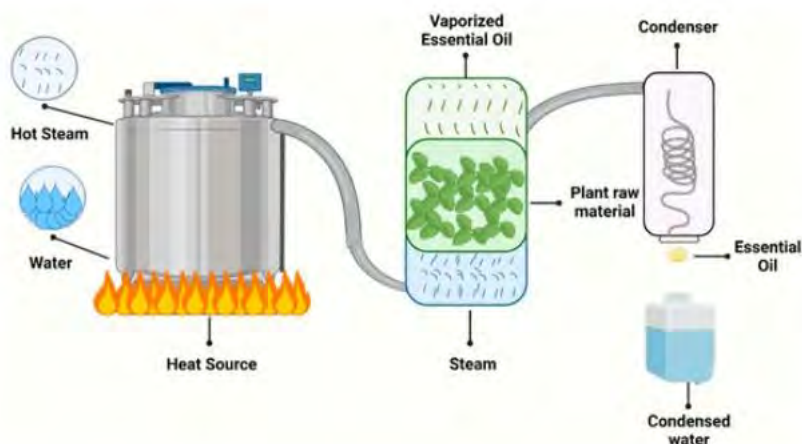
Extracción con solventes volátiles



La técnica se define en extraer los aceites esenciales mediante vapor de agua saturado a presión atmosférica. En este método, el generador de vapor se sitúa fuera del recipiente que contiene el material vegetal, produciendo un flujo continuo de vapor. Al contacto con la planta, dicho vapor rompe las células y arrastra los compuestos volátiles. Luego, al condensarse, la mezcla que resulta forma dos fases: una capa densa de aceite esencial y un flujo interno de agua, producto de la condensación (Machado, 2022).

Figura 8

Esquema de extracción por arrastre de vapor



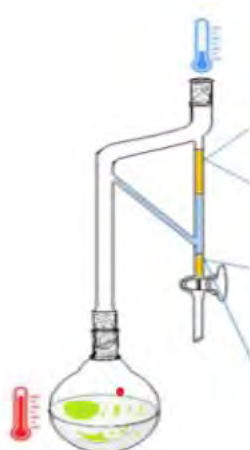
Nota. (Oliveira, 2022)

1.2.3.1.4 HIDRODESTILACIÓN CON TRAMPA DE CLEVANGER

Es una técnica modificada que consiste en un aparato para la obtención de aceite volátil que proporciona una lectura directa de la cantidad de aceite volátil extraído. Esta técnica permite una determinación cuantitativa del aceite volátil en la mayoría de los productos vegetales sin extraer antes con éter u otros solventes, en general el rendimiento de la extracción de aceite esencial varia de 0.01% a 2% (M. R. Álvarez et al., 2012).

Figura 9

Esquema de extracción con trampa de Clevenger



Nota. (Ramos, 2022)

<https://organical.org/1311/1311pdf10.pdf>

Tabla 1*Comparación entre los métodos de extracción de aceites esenciales*

METODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Extracción por prensado	No requiere calor ni sustancias químicas, lo que ayuda a conservar los componentes más delicados del aceite.	Su aplicación es limitada, ya que solo es útil para plantas con alto contenido de aceite en la corteza o cáscara.
	Es un procedimiento directo, de bajo costo y rápido de ejecutar.	Suele ofrecer un rendimiento menor en comparación con otras técnicas.
	Funciona especialmente bien en frutos cítricos, donde el aceite se concentra en la piel.	Puede arrastrar impurezas como ceras o fragmentos sólidos.
Extracción con solventes volátiles	Permite obtener mayores cantidades de extracto incluso en materiales vegetales con bajo contenido de aceite.	Existe un riesgo de que queden trazas del disolvente en el producto final.
	Produce concretos y absolutos con perfil aromático más completo.	Es un proceso más costoso y demanda mayor control técnico.
	No se requiere altas temperaturas, favoreciendo la conservación de moléculas sensibles.	El aroma obtenido puede diferir del aceite esencial producido mediante métodos tradicionales.
Destilación por arrastre de vapor	Es uno de los procedimientos que se utilizan más a escala industrial por su eficacia y seguridad.	Las temperaturas elevadas pueden transformar o degradar compuestos termolábiles.
	Permite obtener aceites sin emplear disolventes.	El equipo necesario es más complejo que en métodos simples.
	Es compatible con una gran variedad de especies vegetales.	Requiere más tiempo y un consumo energético considerable.
Hidrodestilación con trampa de Clevenger	Es un sistema adecuado para trabajos de laboratorio por su bajo costo y facilidad de operación.	La muestra permanece en contacto prolongado con agua caliente, lo que puede alterar algunos compuestos.
	Facilita la recuperación del aceite y la determinación del rendimiento.	No está pensado para producción a gran escala.

No emplea solventes orgánicos.

Puede dar rendimientos más bajos que la destilación con vapor independiente.

1.2.3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES

Las propiedades químicas que presentan los aceites esenciales varían según las regiones en las que fueron cultivadas y las condiciones ambientales (Ruiz *et al.*, 2015).

1.2.3.2.1 DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa es una propiedad física utilizada en la caracterización de los aceites esenciales, definida como la relación entre la masa que presenta un volumen determinado de aceite esencial y la masa de un volumen equivalente de agua destilada a una temperatura específica, esta medición se realiza bajo condiciones de temperatura controlada, por lo general a 20 °C o 25 °C (Nolazco, 2020).

Su determinación es importante en los aceites esenciales porque permite evaluar la identidad, pureza y calidad del aceite esencial, además de proporcionar información sobre su composición química y detectar posibles adulteraciones o variaciones debidas a factores botánicos y geográficos (Baser, 2022).

Tabla 2

Relación densidad VS índice de refracción en aceites esenciales

Densidad (g/mL)	Índice de refracción	Posibles componentes presentes
Menor a 0.9	Menor a 1.47	Alto porcentaje de hidrocarburos terpénicos o compuestos alifáticos.
Mayor a 0.9	Menor a 1.47	Compuestos oxigenados alifáticos.
Menor a 0.9	Mayor a 1.47	Hidrocarburos aromáticos.
Mayor a 0.9	Mayor a 1.47	Compuestos oxigenados aromáticos o alicíclicos.

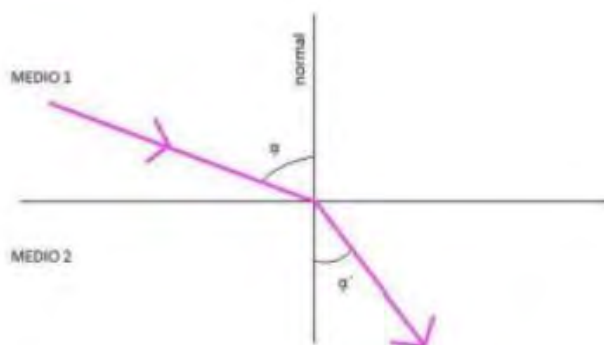
Nota. Datos tomados de Ferrer, (2021)

1.2.3.2.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Es una característica óptica que identifica la presencia y el arreglo de compuestos aromáticos y oxigenados dentro de una sustancia. Este índice corresponde a la razón entre la velocidad de la luz en el vacío y cuando atraviesa el material analizado. Su valor varía según la longitud de onda y la temperatura que se utiliza. En aplicaciones de laboratorio, la medida se realiza con una fuente de luz que emite a 589,3 nm (Delgado, 2023).

Figura 10

Índice de refracción



Nota. (Vizoso, 2020).

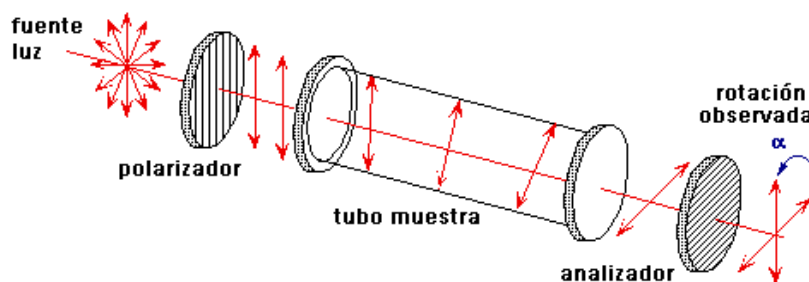
https://www.rolscience.net/2020/05/indice-de-refraccion.html#google_vignette

1.2.3.2.3 ROTACION ÓPTICA

Es la propiedad de ciertas sustancias, ya sea en estado sólido, líquido o en solución, esta consiste en desviar o rotar el plano de luz polarizada que incide sobre ellas. Este fenómeno ocurre en moléculas que disponen centros quirales, generalmente átomos de carbono unidos a cuatro sustituyentes diferentes. El número de posibles isómeros ópticos de una molécula se calcula mediante la fórmula 2^n , donde el valor de n es el número de centros asimétricos. El ángulo de rotación se puede medir con un polarímetro, y su valor depende de factores como la longitud del tubo del polarímetro, la concentración o pureza del material, del disolvente, la temperatura y la longitud de onda de la luz utilizada (A. Camacho, 2019).

Figura 11

Rotación óptica



Nota. Liceo AGB

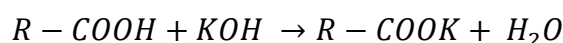
<https://www.liceoagb.es/quimiorg/actopt.html>

1.2.3.2.4 ÍNDICE DE ACIDEZ

Es la cantidad de KOH - hidróxido de potasio en miligramos que se necesitan para neutralizar 1 gramo de ácidos grasos libres presentes en el aceite esencial (Lozano & Berenice, 2018).

En ocasiones se puede expresar como el porcentaje de ácido oleico en la muestra. La propiedad del índice de acidez es muy importante, porque con ella se puede determinar la calidad del aceite. El valor del índice de acidez es para determinar el grado en que los glicéridos del aceite se descomponen por factores como, la luz y calor (Ferrer, 2021).

Cuando el valor del índice de acidez es mayor, la calidad del aceite baja. El índice de acidez y la cantidad de los ácidos grasos libres con el tiempo se incrementan ya que los triglicéridos se descomponen formando ácidos grasos y glicerol.

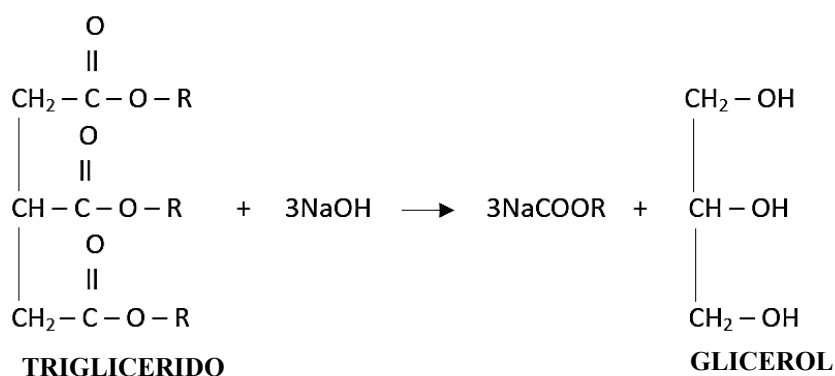


1.2.3.2.5 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Esta propiedad determina la cantidad de hidróxido de potasio en miligramos que se necesitan para saponificar a los ácidos grasos libres que se encuentran en un gramo de aceite en esta reacción se toma en cuenta a los triglicéridos, diglicéridos, a los monoglicéridos, también a los ácidos grasos libres y otro lípido saponificable. Se puede decir que el índice de saponificación es mayor si la concentración ácidos grasos que tienen bajo peso molecular es mayor considerando el número de funciones éster saponificables (Arzave et al., 2016).

Figura 12

Reacción de saponificación



Nota. Fuente propia elaborada en el programa ChemScketch

1.2.3.2.6. SOLUBILIDAD

Esta propiedad se refiere a su capacidad de disolverse en distintos solventes. Estos aceites son solubles en compuestos no polares, como éter, benceno, hexano, y tolueno. En etanol, su solubilidad permite determinar el porcentaje de monoterpenos presentes y el contenido de alcohol. Además, la solubilidad en alcohol es contraria al contenido de agua del alcohol y a la concentración de monoterpenos en el aceite (Ferrer, 2021).

En lo referente a su solubilidad en etanol, los aceites esenciales se disuelven con gran rapidez cuando se emplean soluciones etanólicas al 90 % o 95 % a 20 °C. No obstante, cuando la concentración de etanol desciende por debajo del 85 %, la solubilidad comienza a disminuir de manera progresiva. Para evitar el deterioro del aceite esencial durante su uso o formulación, es necesario considerar factores como el tiempo transcurrido desde su obtención, así como las condiciones de conservación y el tipo de envase. Esta información resulta fundamental, especialmente cuando los aceites esenciales se destinan a la elaboración de productos farmacéuticos (Monacci, 2025).

1.2.4. PROPIEDADES DE LOS ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales presentan diversidad estructural por lo que pueden tener diferentes actividades farmacológicas como antiparasitaria, antibacteriana, antiviral, etc (Cañigual, 2017).

1.2.4.1. ANTIVIRAL

Las afecciones producidas por virus pueden manifestar un peligro importante para los humanos y los animales. Desafortunadamente, algunos de los medicamentos antivirales son difíciles de elaborar puesto que los virus no se pueden replicar independientemente y deben ingresar primero en la célula huésped, los antivirales que interfieren con el ciclo de vida del virus, el cual también es tóxico para la célula huésped por ello el creciente interés de estudiar los aceites esenciales que poseen propiedades antivirales (Reichling, 2022).

1.2.4.2. ANTIPARASITARIA

Numerosas especies vegetales producen de manera natural compuestos con actividad antiparasitaria, capaces de afectar directamente a los parásitos y provocar su eliminación. Estos organismos suelen habitar principalmente en el tracto intestinal tanto de animales como de seres humanos. La fitofarmacología permite aprovechar plantas cuyos aceites esenciales contienen ascaridiol, un compuesto ampliamente reconocido por su acción antihelmíntica y su eficacia como antiparasitario (Sarkar, 2022).

1.2.4.3. ANTIOXIDANTE

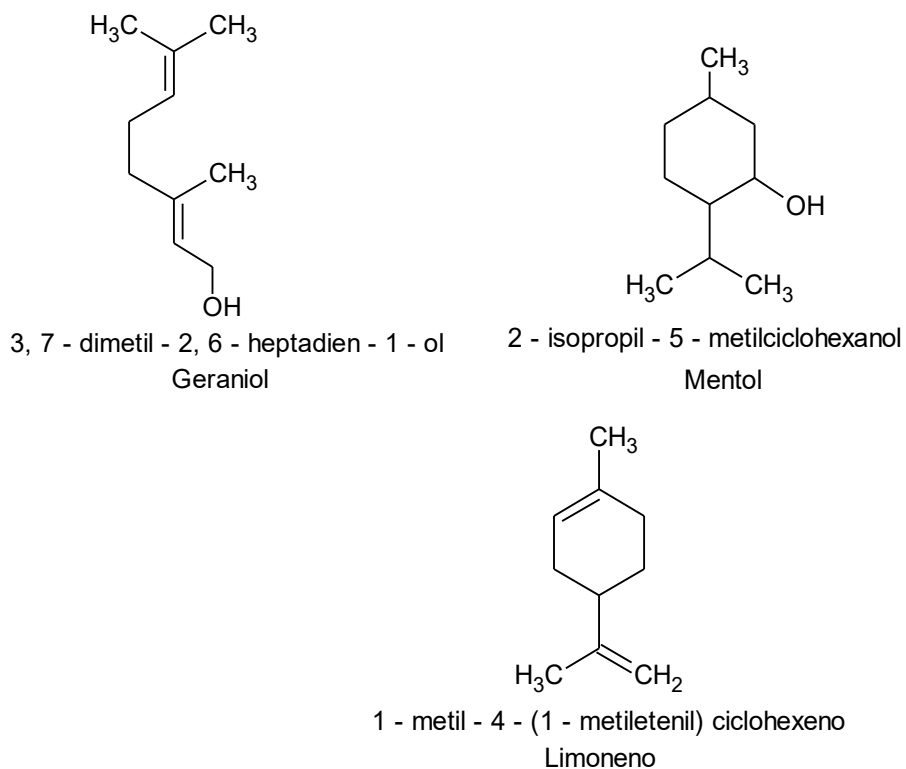
La actividad antioxidante, en los alimentos generalmente les da su capacidad conservante, los compuestos fenólicos que se encuentran dentro de la composición de los aceites esenciales les otorgan su propiedad antioxidante (Huaraca Aparco et al., 2021).

1.2.5. PRINCIPALES COMPONENTES QUÍMICOS DE LOS ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales considerados como compuestos metabólicos de las diversas plantas aromáticas; donde la gran parte de estos son volátiles y son los que causan el aroma de las plantas. Por especies, los aceites esenciales pueden tener de 50 a 300 compuestos, entre ellos están los terpenos, cetonas, éteres, alcoholes, aldehídos, ésteres, fenilpropanos, compuestos fenólicos, etc (Ruiz *et al.*, 2015).

Figura 13

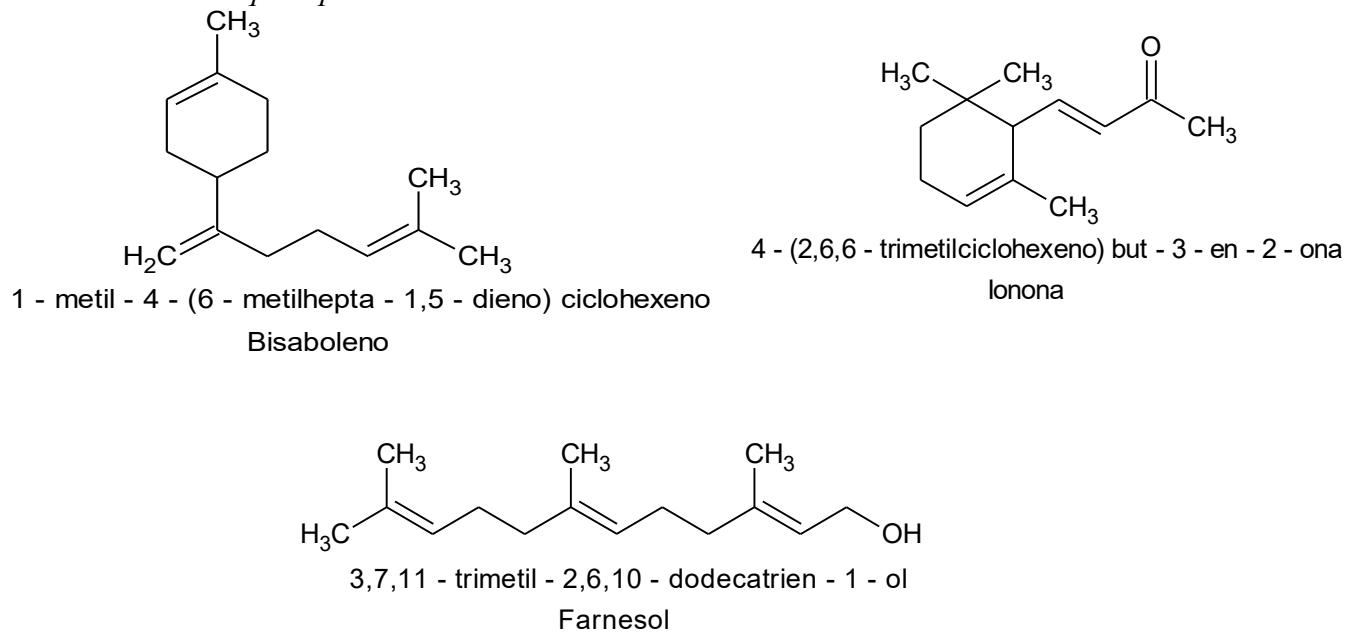
Estructuras de monoterpenos



Nota. Fuente propia

Figura 14

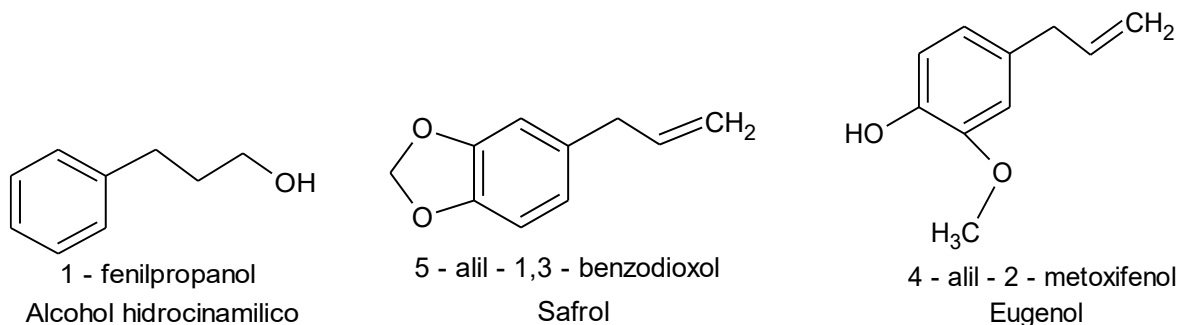
Estructuras de sesquiterpenos



Nota. Fuente propia

Figura 15

Estructuras de fenilpropanos



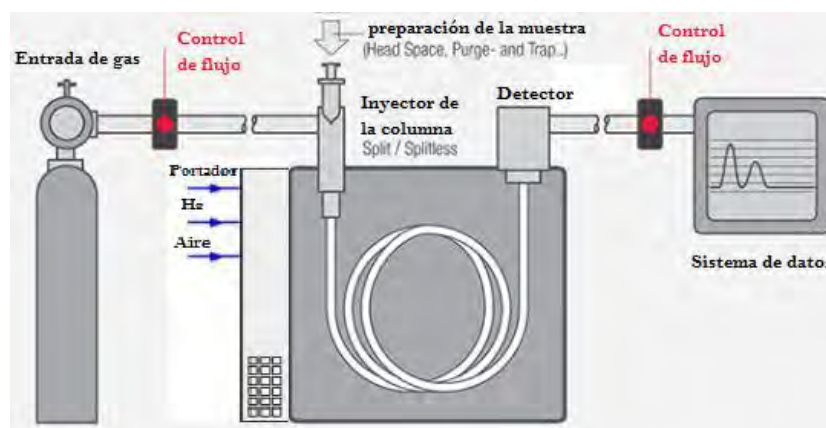
Nota. Fuente propia

1.2.5.1. CROMATOGRAFÍA DE GASES

La cromatografía de gases ejecuta la inyección de la muestra en la fase móvil, que generalmente consiste en un gas inerte. Los distintos componentes que se encuentran en la muestra avanzan a través de la fase estacionaria, la cual está inmovilizada dentro de una columna colocada en un horno con temperatura programable. Cada sustancia interactúa de manera diferente con la fase estacionaria, lo que ocasiona su separación. La presión de vapor de cada compuesto es un factor clave: cuando la presión de vapor es mayor, menor será el tiempo de retención en la columna. Gracias a estas diferencias de retención, los componentes se forman en bandas separadas que pueden ser analizadas tanto de manera cuantitativa como cualitativa (Monyalvan, 2023).

Figura 16

Cromatografía de gases



Nota. Tomada de A. Camacho, 2019

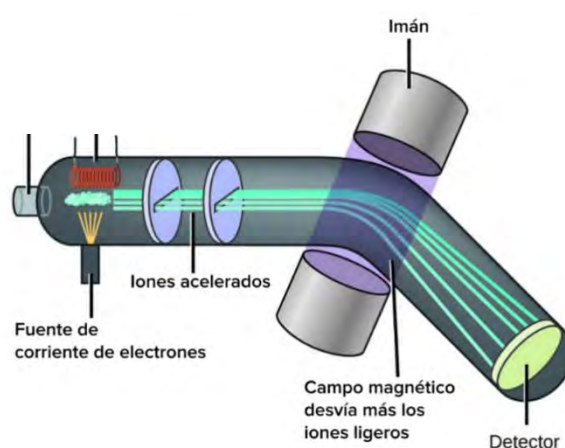
1.2.5.2. ESPECTROSCOPIA DE MASAS

La espectroscopia de masas (MS) bombardea las moléculas con electrones y las rompe en fragmentos. El análisis de masa de fragmentos proporciona pesos moleculares (MM), posibles fórmulas moleculares e información sobre estructuras y grupos funcionales (Wade, 2012). En un espectrómetro de masas, las muestras se ionizan utilizando diversos métodos. El sistema de colisión de electrones es el sistema de ionización más común, que consiste en bombardear las moléculas con electrones de cierta energía, lo que puede hacer que las moléculas se estimulen para que emitan electrones, y así ionizarlas (Cabrera, 2019).

En el análisis por espectrometría de masas utilizando la ionización por impacto electrónico, las moléculas orgánicas reciben un exceso de energía que suele desencadenar procesos de fragmentación, originando especies iónicas más pequeñas y energéticamente estables. Como consecuencia, la señal correspondiente al ion molecular puede presentarse con baja intensidad, debido a que solo una proporción limitada de las moléculas alcanza el detector sin fragmentarse. En contraste, los fragmentos formados a partir de rupturas específicas de enlaces generan señales de mayor intensidad, destacando el denominado pico base, que representa el ion más abundante del espectro. Estos iones fragmentarios se producen principalmente como cationes radicales o iones secundarios y su distribución proporciona información clave para la interpretación estructural de compuestos que se fragmentan con facilidad, entre ellos numerosos constituyentes terpénicos presentes en aceites esenciales (Dantus, 2024).

Figura 17

Espectroscopia de masas



Nota. Tomada de M. A. Camacho, 2018

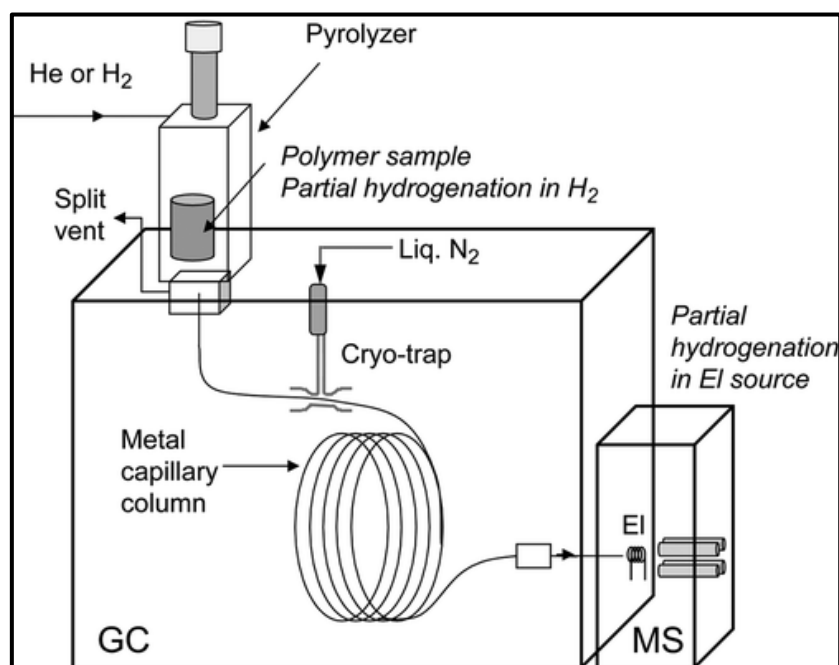
1.2.5.3. CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADA A ESPECTRÓMETRO DE MASAS

La cromatografía de gases es una técnica que tiene la capacidad para poder separar mezclas muy complejas. Cuando ya estén aislados, descubierto e incluso cuantificados, se examinan los componentes de la muestra de forma individual, el principal dato que se puede utilizar para poder diferenciar cada componente es el tiempo de retención del pico correspondiente cromatográfico (Cabrera, 2019).

No obstante, este dato por sí solo no garantiza una identificación completamente precisa cuando las muestras contienen numerosos componentes, situación frecuente en el análisis por cromatografía de gases. Por su parte, el espectrómetro de masas permite determinar prácticamente cualquier sustancia con alta certeza; sin embargo, la complejidad de los espectros generados puede provocar superposición de señales, lo que presenta dificultad en la identificación individual de los compuestos presentes en la mezcla. Por ello, la unión de ambas técnicas —GC (cromatografía de gases) y MS (espectrometría de masas)— da lugar a la técnica GC-MS, capaz de separar y analizar de manera eficiente mezclas complejas, proporcionando información tanto cualitativa como cuantitativa de los componentes (Chai, 2023).

Figura 18

Cromatógrafo de gases - masas



Nota. Tomada de A. Camacho, 2019

1.2.6. EFECTO ANTIBACTERIANO

Las sustancias antibacterianas derivan de hongos o bacterias, o pueden ser sintetizados de novo que consiste en la síntesis de moléculas complejas iniciando de moléculas simples como azúcares o aminoácidos. El uso del término antibiótico se usa para los antimicrobianos derivados de bacterias u hongos. Gran cantidad de antibióticos suelen relacionarse con otros fármacos para aumentar o disminuir sus concentraciones séricas al aumentar o disminuir el metabolismo por diferentes mecanismos. Las relaciones más relevantes son aquellas en las que se implican fármacos con ventanas terapéuticas (es decir, su nivel de toxicidad está muy cerca de su nivel terapéutico). Otros medicamentos también pueden aumentar o disminuir la concentración de antibióticos (Werth, 2022).

1.2.6.1 EFECTO ANTIBACTERIANO DE LOS ACEITES ESENCIALES

La actividad o acción fungicidas y bactericidas de los aceites esenciales están estrechamente relacionadas con los fenoles y los monoterpenos que contienen, ya que estos interactúan con el citoplasma de los patógenos, debido a su propiedad hidrofóbica, estos pueden ingresar a la membrana lipídica. Los efectos antibacterianos que presentan los aceites esenciales están asociados con sus constituyentes y su citotoxicidad, los cuales provocan daños en las membranas celulares (Montero-Recalde *et al.*, 2019).

El efecto antibacteriano de los diferentes aceites esenciales se da frente a bacterias gramnegativas (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Emophilus*) y bacterias grampositivas (*Bacillus cereus*, *staphylococcus aureus*).

1.2.6.2 CLASIFICACION DE LOS ANTIBACTERIANOS PRESENTES EN LOS ACEITES ESENCIALES

La clasificación de los antibacterianos se da de acuerdo a los efectos que producen:

- **Efecto bactericida**

El efecto bactericida es la capacidad de ciertos antimicrobianos para provocar la muerte de los microorganismos sensibles. Estos fármacos actúan principalmente durante la fase de crecimiento exponencial de las bacterias y se indican especialmente en infecciones graves, cuando se requiere eliminar rápidamente los patógenos o cuando el sistema inmune del paciente no es suficiente para controlar la infección. Entre los casos clínicos donde se emplean bactericidas se incluyen la meningoccefalitis purulenta, la endocarditis infecciosa, infecciones en pacientes con fiebre y neutropenia, y ciertas infecciones en pacientes con SIDA (Ishak, 2024).

- **Efecto bacteriostático**

El efecto bacteriostático es la capacidad de ciertos antimicrobianos para inhibir o reducir el crecimiento de las bacterias, permitiendo que el sistema inmunológico del paciente elimine los microorganismos y controle la infección. Por esta razón, los bacteriostáticos no deben administrarse a pacientes inmunocomprometidos, ya que requieren defensas del organismo para ser efectivos. Estos fármacos actúan principalmente durante la fase estacionaria del crecimiento bacteriano. Algunos antibióticos pueden tener efecto bactericida o bacteriostático, dependiendo de factores como la droga utilizada, la dosis y si se evalúa in vitro o in vivo (Ishak, 2024).

1.2.6.3 MECANISMO DE ACCION DE LOS ANTIBACTERIANOS

Según, (Halawa, 2023):

Los compuestos que presentan actividad antibacteriana pueden reducir el crecimiento o causar la muerte de las bacterias mediante distintos mecanismos:

- Alteración de matriz extracelular.
- Ruptura de la membrana citoplasmática.
- Supresión de la síntesis proteica.
- Interferencia con el metabolismo de nucleótidos.
- Bloqueo de vías metabólicas bacterianas.
- Inhibición de mecanismos de resistencia.

1.2.7. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus es una bacteria grampositiva, se conoce porque tiene la capacidad de agruparse en racimos, actúa como un agente infeccioso que afecta tanto a pacientes que se encuentran hospitalizados y a individuos en la comunidad. Este microorganismo puede causar infecciones localizadas, invasivas y mediadas por toxinas, afectando principalmente la piel, los tejidos blandos, las articulaciones, el sistema respiratorio, los huesos, y el sistema endovascular. Además, *S. aureus* puede provocar intoxicaciones alimentarias cuando los alimentos contienen la enterotoxina B termoestable preformada. Muchas personas, tanto niños como adultos, son portadores intermitentes de esta bacteria, y esta se puede encontrar en las vías respiratorias superiores, el intestino, la piel y la vagina. Su alta patogenicidad se debe a numerosos factores virulentos que le permiten evadir y neutralizar los mecanismos de defensa del huésped (Helmi, 2022).

1.2.7.1 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Cervantes-García et al. (2014) afirman lo siguiente:

Este género está integrado por los cocos Gram positivos que son bacterias que se tiñen de azul cuando se les aplica la tinción diferencial (Gram), que presentan un tamaño de 0.5 a 1.5 µm, unidos como únicas células, formando racimos de uvas, en pares, tétradas o cadenas cortas. El término *Staphylococcus* se introdujo, a partir de la palabra griega staphyle, que se usa para dar a conocer a los cocos que se encargan de la irritación y secreción. Estas bacterias son sésiles, tampoco son formadoras de esporas y no presentan cápsula. La gran mayoría de los estafilococos tienen la capacidad de producir catalasa, esta es una propiedad que se utiliza para diferenciar el género *Staphylococcus* de otros géneros considerados como catalasa negativa. Al comienzo los estafilococos fueron considerados parte de la familia *Micrococaceae* en el género de *Micrococcus*, sin embargo, en recientes estudios se observaron algunas diferencias entre los géneros *Staphylococcus* y *Micrococcus* como la cantidad de guanina y citocina, también la secuencia e hibridación del DNA. Por otro lado, la diferencia entre *Staphylococcus* y *Micrococcus* es la composición de la menaquinona y el citocromo presente en la cadena respiratoria de los estafilococos.

1.2.7.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica del *Staphylococcus aureus* es la siguiente:

Dominio	: <i>Bacteria</i>
Filo	: <i>Firmicutes</i>
Clase	: <i>Bacili</i>
Familia	: <i>Staphylococcaceae</i>
Género	: <i>Staphylococcus</i>
Especie	: <i>S. aureus</i>

(Lozano & Berenice, 2018)

1.2.7.3 ENFERMEDADES CAUSADAS POR *Staphylococcus aureus*

Se consideran las siguientes enfermedades:

- Lesiones cutáneas como impétigo, celulitis fascitis, paroniquia, mastitis.
- Infecciones en el sistema nervioso central.
- Infecciones en el tracto respiratorio.
- Infecciones en el tracto urinario.

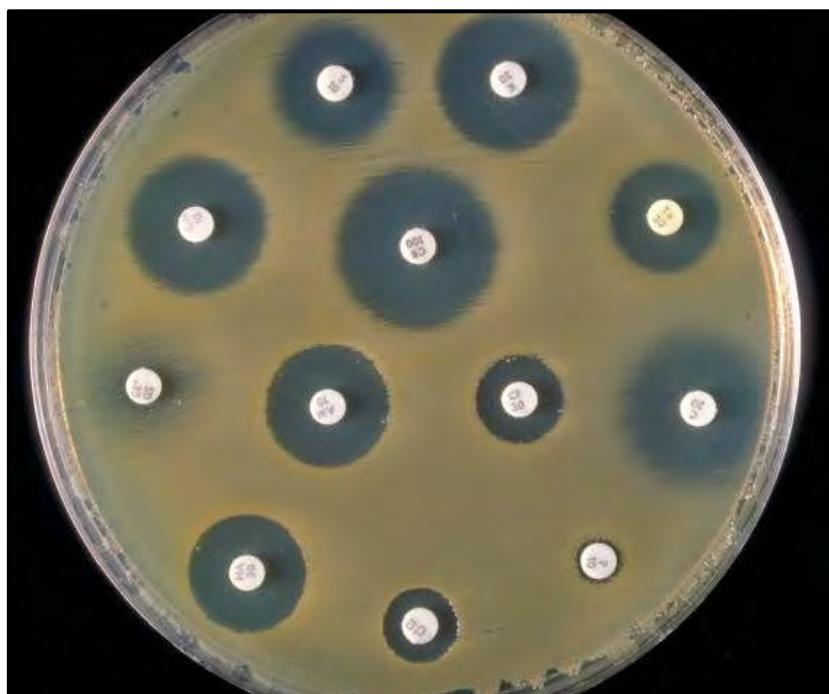
Lozano & Berenice (2018)

1.2.7.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO

a) Método de prueba de difusión por disco - Esta prueba es mejor conocida como la prueba de Kirby Bauer, está basado en el potencial de difundir diversos agentes antimicrobianos en agar el cual forma una gradiente continua de concentración. Luego en una placa previamente inoculada se coloca un disco que contiene el antimicrobiano, donde se impedirá que el microorganismo crezca este se analizará utilizando la gradiente y tendremos como resultado al área de manera concéntrica con el disco que se encarga de la inhibición de crecimiento. El Instituto de estándares clínicos y de laboratorio, demuestra que el análisis del halo en donde se presenta la inhibición está basado en la relación del diámetro y la CMI. Para que este método se realice de manera adecuada se debe tomar en cuenta: la concentración del inóculo debe corresponder en la escala de McFarland a una turbidez de 0.5, el medio de cultivo que se debe utilizar es el medio de Muller-Hinton, donde para el antimicrobiano que se estudiará se tiene que ajustar las concentraciones estándar (Lozano & Berenice, 2018). Este método de difusión en agar es altamente reproducible. Esta técnica está basada en el método descrito por Bauer (Cabrera, 2019).

Figura 19

Método de difusión en disco

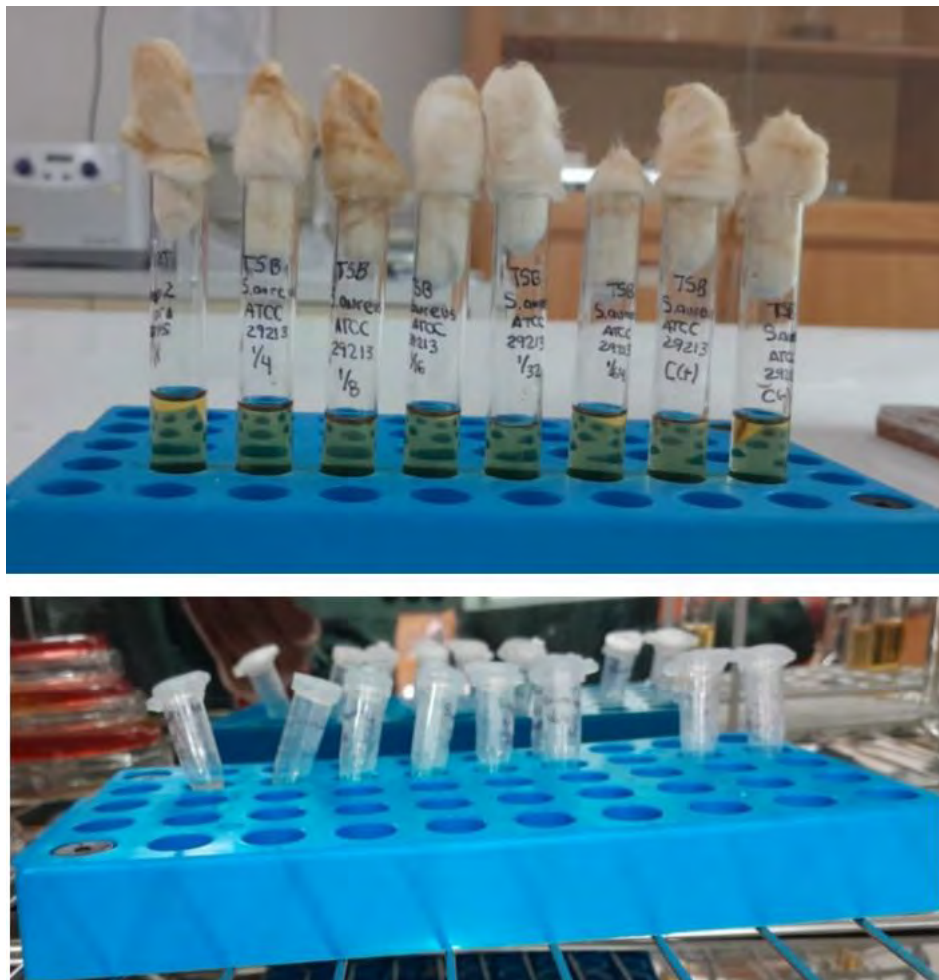


Nota. Tomada de *Pruebas de sensibilidad antimicrobiana: metodología de laboratorio*, 2000
<https://formaciontss.es/wp-content/uploads/2021/02/Pruebas-de-sensibilidad-a-los-antimicrobianos.pdf>

b) Método de dilución en caldo – La prueba de dilución en caldo es utilizada para la determinación de la Concentración Mínima Bactericida e Inhibitoria (CMB - CMI). El cual consiste en preparar el antimicrobiano a diferentes concentraciones, después se realiza la inoculación e incubación para que se pueda dar a cabo el crecimiento bacteriano, pasado el tiempo de incubación se realizan las lecturas, finalmente se determina cual es la proporción que inhibe el crecimiento del microorganismo. Para poder determinar el efecto antimicrobiano considera a un subcultivo o control sin antimicrobiano en los medios que fueron inoculados anteriormente (Lozano & Berenice, 2018).

Figura 20

Método de dilución en caldo



Nota. Fuente propia

Para la evaluación del efecto antibacteriano se utiliza el método de difusión en agar modificado el cual consiste en preparar el medio el cual es el TSB (Tryptic Soy Broth, es un medio de cultivo líquido compuesto principalmente de soya, triptona, cloruro de sodio y agua que permiten el desarrollo de una amplia variedad de bacterias aerobias y anaerobias).

Este método nos permite determinar:

- Concentración mínima bactericida: Es la menor concentración de un antimicrobiano capaz de eliminar cerca del 99% de los microorganismos incubándolo durante 24 horas, en el caso de algunas bacterias es importante poder determinar su actividad bactericida por este método para comprobar la actividad de los agentes antimicrobianos (Whyte, 2024)
- Concentración mínima inhibitoria: Es la concentración mínima de un antibiótico que inhibe el crecimiento de una cepa bacteriana. Una prueba de sensibilidad que se puede cuantificar ayuda a determinar qué clase de antibiótico es más eficaz para poder realizar una selección más adecuada para el tratamiento contra un patógeno y podrá combatir la resistencia a antibióticos (Horna, 2023).
- Concentración bacteriostática: Es la menor cantidad de un antimicrobiano que tiene la capacidad de inhibir el crecimiento y la multiplicación de una bacteria, este efecto es reversible una vez que el antimicrobiano se retira (Zhang, 2025).

1.2.8. HIPÓTESIS

1.2.8.1. HIPOTESIS GENERAL

El aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. posee compuestos químicos activos que le confieren un efecto antibacteriano representativo frente a *Staphylococcus.aureus* ATCC 29213.

1.2.8.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS

- La extracción del aceite esencial del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. produce un rendimiento suficiente para su caracterización fisicoquímica y biológica.
- El aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. presenta propiedades fisicoquímicas compatibles con aceites esenciales bioactivos de interés terapéutico.
- La composición química del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob., determinada mediante GC-MS, incluye metabolitos como monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanos asociados al efecto antibacteriano.
- El aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. presenta efecto antibacteriano frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, aumentando su efecto inhibitorio a diferentes porcentajes.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1. TIPO DE ESTUDIO

El estudio de las características fisicoquímicas y composición química del aceite esencial es de tipo descriptivo, pero el estudio del efecto antibacteriano del aceite esencial contra al *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 es experimental ya que la bacteria está expuesta al aceite esencial en diferentes concentraciones. La parte experimental de la caracterización fisicoquímica (Índice de refracción, densidad relativa, solubilidad, índice de acidez, índice de saponificación), y el análisis cromatográfico se llevó a cabo en el laboratorio de fitoquímica del Departamento Académico de Química y los análisis bacteriológicos se llevaron a cabo en el laboratorio de Microbiología que pertenece al Departamento Académico de Biología de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (Pliego, 2020).

2.2. VARIABLES

2.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES

- Efecto antibacteriano del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

2.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

X₁ – Concentración del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

2.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.3.1. MATERIALES

Material Biológico

- Plantas de *Ageratina cuzcoensis*.
- *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

Material de Campo

- Bolsas de papel.
- Tijeras.
- Guantes para jardinería.

Material de Laboratorio

- Balón de 500 mL.
- Condensador.
- Tijeras.
- Tubos de ensayo de 5 mL.

- Gradillas.
- Frascos de vidrio ámbar.
- Picnómetro
- Buretas.
- Matraz aforado de 100 mL y 50 mL.
- Vasos de precipitado 50 mL.
- Goteros.
- Equipo de reflujo.
- Placas Petri.
- Papel filtro.
- Tubos de ensayo de 10x12 mm.
- Tubos ependorf.
- Tips para micropipeta de 100-1000 uL.
- Tips para micropipeta de 10-100 uL.
- Frascos de vidrio.
- Piscetas.

Medios de Cultivo

- Caldo TSB.
- Agar Manitol salado.
- Agar Muller Hinton.
- Agar TSA.

2.3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Balanza analítica marca Swiss made Backlit.
- Equipo de hidrodestilación con trampa Clevenger – movilab.
- Estufa marca thermo scientific.
- Centrifuga de 1500 – 4500 rpm. marca powerspin.
- Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas marca thermo scientific modelo trace 1310.
- Refrigerador marca Samsung modelo RT29K5710S8.
- Polarímetro marca Rudolph's.
- Incubadora.

2.3.3. REACTIVOS

- Sulfato de sodio anhidro Na_2SO_4 QP.

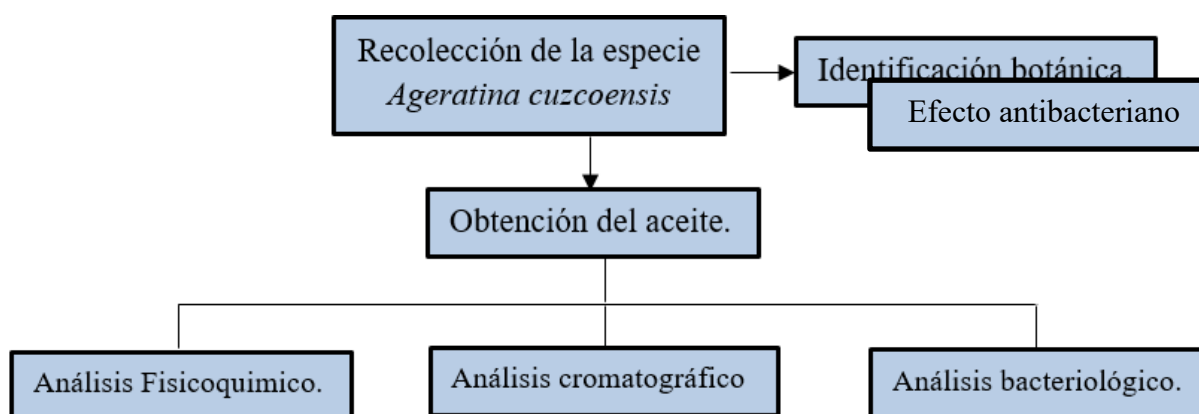
- n-heptano QP grado reactivo ACS.
- Solución estándar de hidróxido de potasio al 0.1N KOH.
- Etanol neutralizado.
- Fenolftaleína 0.1%.
- Agua destilada H₂O.
- Etanol 50%.
- Etanol 70%.
- Etanol 96%.
- Etanol absoluto.
- Metanol CH₃OH QP grado reactivo ACS.
- Acetona C₃H₆O QP.
- Cloroformo CHCl₃ QP.
- Hexano C₆H₁₄ QP grado reactivo ACS.
- Solución estándar de hidróxido de sodio al 0.1N NaOH.
- Solución estándar de ácido Clorhídrico al 0.1N HCl.

2.4. PROCESO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación de la especie de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. se desarrolló considerando el siguiente diagrama de flujo (figura 21):

Figura 21

Diagrama de flujo del proceso experimental



2.5. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La especie *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. fue colectado por el método de muestreo intencionado en forma aleatoria simple del lugar de Cruz Orcco que se encuentra entre el distrito de Chinchero a una altura de 3762msnm y el Distrito de

Huayllabamba a una altura de 2868m de la provincia de Urubamba – Cusco, el área de estudio del cual se obtuvo la muestra de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. se ubica en la Provincia de Urubamba del departamento de Cusco, a una distancia de 30 km del Cusco. Se colectó 15kg en el mes de Junio del 2023 y fueron llevadas al laboratorio para la extracción del aceite esencial.

Las plantas fueron obtenidas en el campo, cortadas manualmente, colocadas en sacos de papel kraft, y posteriormente llevadas al laboratorio de fitoquímica de la escuela profesional de química, la muestra representativa se obtuvo a partir de la planta entera (hojas, tallos y flores), estos fueron seleccionados y cortados para luego ser sometidos a hidrodestilación.

La colección de la muestra se realizó en las siguientes condiciones:

- Horario: De 8 a 10 a.m.
- Clima: Ligeramente soleado.
- Las plantas se encontraban en tiempo de floración.

Figura 22

Lugar de muestreo



NOTA. Fuente propia

2.5.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL Y PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN.

Se realizó con 15 kg de muestra fresca, el total de agua destilada utilizada fue de 15 L, donde se utilizó el método de extracción de hidrodestilación con trampa de Clevenger, la extracción del aceite esencial se realizó por secciones, descrita de la siguiente manera:

La extracción del aceite esencial se desarrolló en cinco ciclos consecutivos, en cada uno de ellos se empleó 450g de muestra previamente picada, se agregó 550 mL de agua destilada y se colocó en un balón de vidrio de 2 L (Kumar, 2018).

Las condiciones de extracción fueron:

Temperatura de manta calefactora: 90°C

Tiempo: 1 hora con 40 minutos.

El proceso de extracción consiste en que el aceite esencial junto con el vapor de agua es arrastrado, este vapor es condensado y el producto es captado en la trampa de Clevenger finalmente el aceite esencial se queda en la parte superficial por las distintas densidades que presentan. Luego se separó el aceite esencial obtenido, se centrifugó, después fue colocado en una botella de vidrio color ámbar con sulfato de sodio anhidro para deshidratar el aceite y este se conservó a bajas temperaturas.

El aceite esencial extraído, presenta color amarillo ligeramente verde, espeso y al estar en contacto con la piel presenta levemente un cambio en su color al observarse un color blanco.

El porcentaje de extracción se expresa mediante la siguiente formula:

$$\%extraccion = \frac{v \text{ (mL)}}{m \text{ (g)}} * 100\%$$

v = Volumen de aceite esencial en mililitros.

m = Masa de la muestra en gramos.

2.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.6.1 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA

Para la determinación de las propiedades fisicoquímicas se utilizó diferentes métodos estandarizados que sigue el laboratorio los cuales se encuentran bajo las Normas Legales o Normas Técnicas Peruanas.

2.6.1.1 DENSIDAD

La densidad se determinó siguiendo el método NTP-ISO 279:2011 mediante el uso de un picnómetro sin termómetro. El procedimiento se basa en comparar la masa del picnómetro vacío con la masa del picnómetro lleno de agua destilada y la masa del picnómetro lleno de la muestra, a fin de calcular la densidad relativa del aceite esencial

La densidad relativa se describe de la siguiente manera:

$$d_r = \frac{m_1 - m}{v}$$

Dónde:

d_r : Densidad relativa.

m : peso en gramos del picnómetro vacío.

m_1 : peso en gramos del picnómetro con el aceite esencial a 20°C.

v : volumen del picnómetro.

Procedimiento:

Para la determinación de la densidad relativa se tomaron tres valores experimentales: la masa del picnómetro limpio y seco, la masa del picnómetro lleno con agua destilada enrasada hasta la marca del capilar, y la masa del picnómetro con la muestra de aceite esencial, también enrasada al nivel del capilar. Antes de cada medición, el picnómetro fue lavado con etanol y secado completamente para asegurar la precisión de los resultados.

2.6.1.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Se empleó el método NTP 280:2011 (Instrumental), el cual consiste en utilizar un refractómetro que asocia la velocidad de la luz en el vacío y en medio de una muestra.

El $n^t D$ (índice de refracción) a temperatura específica de 20°C, se describe de la siguiente manera:

$$n^t D = n^{t'} D + 0.0004 (t' - t)$$

Dónde:

$n^t D$: Índice de refracción a temperatura específica de 20°C.

$n^{t'} D$: Lectura de índice de refracción tomada a la temperatura de trabajo.

t' : Temperatura de trabajo.

t : Temperatura específica de 20°C.

Procedimiento:

Para asegurarnos de una medición correcta primero se calibra el refractómetro con agua destilada, se seca con papel tisú y para la determinación del índice de refracción del aceite esencial se coloca una gota de este en el prisma del refractómetro y se realiza la lectura.

2.6.1.3 ROTACIÓN ÓPTICA

Se empleo el método Instrumental, el cual consiste en utilizar el polarímetro donde se determina si la muestra es dextrógira o levógira. (Taype, 2021).

Procedimiento:

Se colocó etanol absoluto en la celda del polarógrafo y se calibró con agua destilada colocando a 0°. Posteriormente, se preparó una solución de aceite esencial al 1% utilizando etanol absoluto; luego, se colocó 10 mL de esta solución en la celda y finalmente se realizó la lectura de la rotación óptica.

2.6.1.4 ÍNDICE DE ACIDEZ

Se empleó el método – NTP 319.085:1974 (Volumetría), el cual consiste en titular con KOH para de esa manera poder neutralizar los ácidos grasos libres.

Este se expresa en miligramos de KOH que se utilizan para neutralizar los ácidos libres en 1g de aceite esencial.

El índice de acidez se determina con la siguiente formula:

$$\text{Índice de acidez (I. A.)} = \frac{56.1 * V * N}{m}$$

Dónde:

56.1 = meq de KOH

V = volumen de KOH gastados en la titulación (mL)

N = Concentración del KOH

m = masa del aceite esencial.

Procedimiento:

Para determinar el índice de acidez, el aceite esencial fue preparado en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, donde se pesaron 0.5000 g de aceite esencial y se disolvió en 10 mL de etanol neutralizado. Luego, se añadieron tres gotas de fenolftaleína al 0.1% como indicador. La mezcla fue titulada con una solución de hidróxido de potasio 0.1 N estandarizada, registrándose el volumen inicial y el volumen final de la bureta. El punto final se identificó por el viraje de color transparente a un tono rosado tenue.

2.6.1.5 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Se desarrolló por el método Volumétrico, que consiste en un proceso de reflujo para posteriormente ser valorado con HCl 0.1N.

Este índice indica los mg de KOH que serán necesarios para saponificar 1 gramo de aceite.

El índice de saponificación se describe de la siguiente manera:

$$IS = \frac{56.1 * N(V_1 - V_2)}{m}$$

Dónde:

N = Concentración del HCl

56.1 = Miliequivalente de KOH en mg

V₁ = Volumen de HCl gastados en blanco.

V₂ = Volumen de HCl gastados en muestra.

m = masa de muestra.

Procedimiento:

Para determinar el índice de saponificación, el aceite esencial fue preparado en un balón de 250 mL, donde se pesaron 0.3000 g de aceite esencial y se añadieron 10 mL de KOH 0.1 N. La mezcla de aceite hidróxido se sometió a reflujo durante 1 hora. Una vez finalizado el calentamiento, se dejó enfriar y se incorporaron tres gotas de fenolftaleína al 0.1% que nos sirve como indicador. Luego, se procedió a titular con una solución de HCl 0.1 N previamente estandarizada.

Para el ensayo en blanco, se emplearon únicamente 10 mL de KOH 0.1 N en ausencia de la muestra de aceite esencial. Este blanco fue sometido nuevamente al proceso de reflujo y posterior titulación bajo las mismas condiciones experimentales.

2.6.1.6 SOLUBILIDAD

Se empleó el método – NTP 319.084:1974 (Pruebas de solubilidad), el cual consiste en someter la muestra en diferentes solventes.

Procedimiento:

Para evaluar la solubilidad del aceite esencial, se distribuyeron 0.5 mL del aceite esencial en nueve tubos de ensayo previamente codificados. A cada tubo se le añadió un disolvente distinto, empleándose agua, etanol al 50%, etanol al 70%, etanol al 96%, etanol absoluto, metanol, acetona, cloroformo y hexano.

2.6.2 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Se empleó el equipo de cromatografía de gases - espectrómetro de masas.

Procedimiento:

Se preparó una solución al 3% del aceite esencial utilizando n-heptano como disolvente, obteniéndose un volumen final de 1000 µL. Los análisis cromatográficos se realizaron bajo las siguientes condiciones: el sistema de inyección tomó un volumen de 1 µL, la temperatura del horno inicialmente fue de 60 °C con un incremento de 5 °C/min hasta llegar a 50 °C, y se

empleó helio como fase móvil (gas portador con un flujo de 1 mL/min). Tanto el inyector como el detector se mantuvieron a 250 °C, y la fase estacionaria el 5% fenil-95% dimetilpolisiloxano de tipo TG-5SilMS con longitud de 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm.

Los cromatogramas obtenidos permitieron calcular el porcentaje relativo de cada componente, a partir del área bajo cada pico en relación con el área total. La identificación de los compuestos se efectuó según la comparación de los espectros de masas registrados.

Para el análisis en el espectrómetro de masas, los parámetros en los cuales operó fueron: temperatura de la fuente de 230 °C, temperatura del cuadrupolo de 150 °C, energía de ionización de 70 eV y un rango de barrido de masas entre 40 y 400 m/z.

2.6.2.1 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COMPONENTES QUÍMICOS

La identificación de los componentes químicos se realizó por comparación con las librerías de Willey, Mainlib, Replib donde se seleccionó las curvas con mayor abundancia, y se exportaron al programa AMDIS, luego se comparó con el espectro de masas de los componentes presentes en las librerías, los compuestos se identificaron por la coincidencia con la librería mayor al 90%, posteriormente la cuantificación se determinó por la integración del área de pico de cada componente.

2.6.3 DETERMINACIÓN DEL EFECTO ANTIBACTERIANO

Según (Abers, 2021):

Para la determinación del efecto antibacteriano se empleó el método de difusión en Agar modificado, donde se esterilizó los materiales a utilizar, asa de col, placas Petri, recipientes de vidrio para almacenar soluciones en la autoclave a 121°C a 15 libras de Presión, se esterilizó tubos de ensayo con tapones de algodón, tubos ependroff, hisopos, pipetas en el horno durante 1 hora a 180°C, se preparó una solución del medio de cultivo de manitol salado pesando 23.1g del reactivo manitol salado y se aforo a 300mL, esta solución se llevó al autoclave durante quince minutos a una temperatura de 121°C para esterilizarlo, se esperó hasta que se enfríe de 45° a 50°C y se trasvasó aproximadamente 20mL de la solución en las placas Petri, posteriormente se colocó las placas Petri en paquetes de cuatro en la refrigeradora durante 24 horas para que se solidifiquen.

Activación de la cepa de *Staphylococcus aureus* 29213

Para el cultivo de la cepa se abre la cepa de *Staphylococcus* cuidadosamente, se utilizó el asa de col y un hisopo previamente esterilizados, se colocó la cepa en una placa en medio de

manitol salado durante 24 horas a 37°C, como blanco se utilizó una placa con manitol salado sin cepa, posteriormente se preparó caldo TSB con 0.025mL de BaCl₂ y 4.975mL H₂SO₄ al 1%, y este se llevó a 0.5 en la escala de McFarland utilizando una de las colonias que se formó en la placa Petri (Malbran, 2023).

Preparación de diluciones

Para la preparación de las diluciones, en el tubo Eppendorf N.º 1 se colocaron 400 µL del caldo TSB no contaminado y se añadieron 400 µL del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob., obteniéndose así la solución A, correspondiente a una dilución 1:2. A partir de esta primera dilución se prepararon las soluciones sucesivas mediante diluciones seriadas en caldo TSB. En el tubo Eppendorf N.º 2 se mezclaron 200 µL de la solución A con 200 µL de caldo TSB para obtener la solución B, equivalente a una dilución 1:4. Luego, en el tubo Eppendorf N.º 3 se combinó el mismo volumen de la solución B con caldo TSB para generar la solución C, correspondiente a una dilución 1:8.

Este procedimiento se continuó de manera secuencial. En el tubo Eppendorf N.º 4 se mezclaron 200 µL de la solución C con 200 µL de caldo TSB, obteniéndose la solución D (1:16). En el tubo Eppendorf N.º 5 se preparó la solución E mezclando 200 µL de la solución D con 200 µL de caldo TSB, logrando una dilución de 1:32. Finalmente, en el tubo Eppendorf N.º 6 se combinaron 200 µL de la solución E con 200 µL de caldo TSB, obteniéndose la solución F, correspondiente a una dilución 1:64.

Una vez preparadas todas las diluciones, se añadieron 10 µL de caldo TSB con la cepa ajustada a 0.5 en la escala de McFarland a cada uno de los seis tubos. Asimismo, se prepararon dos tubos adicionales para los controles. En el control positivo se colocaron 200 µL de caldo TSB y se añadieron 10 µL del caldo con la cepa ajustada a 0.5 en McFarland. En el control negativo se mezclaron 200 µL de caldo TSB con 200 µL del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis*. Finalmente, todos los tubos fueron incubados a 37 °C durante 24 horas.

Concentración Mínima Bactericida – CMB

Para la evaluación de las diluciones preparadas, se tomaron 10 µL de cada una de las soluciones A, B, C, D, E y F, los cuales se colocaron por separado en tubos de ensayo que contenían 2 mL de caldo TSB. Cada solución fue transferida en condiciones estériles y mezclada cuidadosamente con el medio de cultivo para asegurar una distribución homogénea.

Una vez preparados todos los tubos, estos fueron llevados a la incubadora y mantenidos a 37 °C durante un periodo de 48 horas. Paralelamente, se prepararon los controles necesarios para validar el ensayo. El control positivo consistió en caldo TSB inoculado con *Staphylococcus aureus*, permitiendo confirmar el crecimiento habitual de la bacteria bajo las condiciones

experimentales. Por otro lado, el control negativo estuvo constituido únicamente por caldo TSB sin presencia de la bacteria, con el fin de asegurar la ausencia de contaminación.

Concentración Bacteriostática

Para la preparación del medio de cultivo, se elaboraron 250 mL de solución de Manitol Salado. Para ello, se pesaron 19,3 g del medio deshidratado, se añadieron a un volumen inicial de agua destilada y se agitó hasta su completa disolución. Posteriormente, la solución se llevó a ebullición con el fin de asegurar la correcta disolución de los componentes y la esterilidad del medio.

Cuando la solución estuvo lista, se procedió a la siembra de las diferentes diluciones. En cada placa Petri se colocaron 10 μ L de las soluciones A, B, C, D, E y F respectivamente. Sobre cada una de ellas se vertieron 25 mL de la solución de Manitol Salado aún caliente, homogenizándose cuidadosamente para garantizar una distribución uniforme del inóculo en el medio antes de su solidificación.

Después de que el medio solidificó completamente, las placas se trasladaron a la incubadora y se mantuvieron a 37 °C durante 48 horas. Cumplido este tiempo, se procedió al recuento de las colonias formadas en cada una de las placas para evaluar el crecimiento bacteriano asociado a cada dilución.

Concentración mínima inhibitoria - CMI

Para la preparación del medio de cultivo, se elaboraron 500 mL de solución de Mueller Hinton. Para ello, se pesaron 19 g del medio deshidratado, se añadió agua destilada y se mezcló hasta lograr su completa disolución. La solución se llevó posteriormente a ebullición para asegurar su correcta homogenización y esterilidad.

Una vez preparado el medio, se distribuyeron 25 mL de la solución caliente en cada una de las 17 placas Petri, las cuales fueron luego colocadas en refrigeración durante 24 horas para favorecer la adecuada solidificación del agar. Después de este periodo, en 13 de las placas se realizaron tres perforaciones equidistantes, con una separación de 22 mm entre cada una. Para este proceso se empleó una pipeta Pasteur, una jeringa y la manguerita del equipo de venoclisis,

previamente esterilizados. Luego se inoculó el caldo TSB contaminado esparciendo encima del agar suavemente con la ayuda de un hisopo.

Paralelamente, se prepararon las soluciones del aceite esencial en diferentes concentraciones: 100%, 75%, 50%, 25%, 12,5% y 6,25%, utilizando etanol absoluto como disolvente. Estas soluciones fueron destinadas a evaluar el efecto antimicrobiano en las placas perforadas.

Tabla 3

Cuadro de diluciones preparadas

Concentración	100%	75%	50%	25%	12.50%	6.25%
Aceite	200	150	100	50	25	12.5
EtOH		50	100	150	175	187.5
Vf	200μL	200μL	200μL	200μL	200μL	200μL

En la placa Petri N.º 1 se depositaron 50 μL de la solución al 100 % en cada una de las tres perforaciones realizadas previamente. El mismo procedimiento se repitió en la placa Petri N.º 2 utilizando la solución al 75 %, en la placa N.º 3 con la solución al 50 %, en la placa N.º 4 con la solución al 25 %, en la placa N.º 5 con la solución al 12,5 % y finalmente en la placa N.º 6 empleando la solución al 6,25 %. Este procedimiento se replicó en otras seis placas Petri adicionales, manteniendo las mismas concentraciones y volúmenes aplicados a cada perforación.

Para el control negativo, en la placa Petri N.º 13 se incorporaron 50 μL de etanol absoluto, con el fin de confirmar que el disolvente no generara efecto antimicrobiano. Los controles positivos se realizaron en cuatro placas Petri sin perforaciones. En la placa Petri N.º 14 se colocó un disco de vancomicina, procedimiento que se efectuó por duplicado. De igual manera, en la placa Petri N.º 16 se colocó un disco de oxacilina, también en duplicado, con el propósito de validar la respuesta del microorganismo frente a antibióticos de referencia.

Tabla 4*Distribución de placas Petri.*

Nº DE PLACA	SOLUCION/ ANTIBIOTICO	PERFORACION (PRESENTA)
1	100%	Si
2	75%	Si
3	50%	Si
4	25%	Si
5	12.50%	Si
6	6.25%	Si
7	Etanol Absoluto	No control (-)
8	Vancomicina	No control (+)
9	Oxacilina	No control (+)

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. DE RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

Los resultados del rendimiento porcentual de la extracción de aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. por el método de hidrodestilación con trampa de Clevenger, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5

Resultados del rendimiento de la extracción del aceite esencial.

PESO	VOLUMEN OBTENIDO	% RENDIMIENTO
1.150Kg	0.8mL	0.069
1.221Kg	0.9mL	0.073
1.221Kg	0.8mL	0.065
1.674Kg	1.0mL	0.059
1.821Kg	1.0mL	0.055
1.745Kg	0.9mL	0.051
1.566Kg	0.9mL	0.057
PROMEDIO		0.061±0.008

El rendimiento promedio del aceite esencial que se obtuvo de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. mediante hidrodestilación por trampa de Clevenger fue de 0.061%, lo cual se considera un rendimiento bajo al comparar con otras especies del mismo género evaluadas en estudios previos. Este valor sugiere que la especie presenta una menor concentración de metabolitos volátiles (Gonzales et al., 2021).

Al comparar este resultado con los antecedentes se observa que Fajardo et al. (2020) reportaron rendimientos de 0.20% en *Ageratina neriifolia* utilizando el mismo método de extracción esto indica que el rendimiento obtenido de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. es aproximadamente la mitad del observado en esa especie, evidenciando diferencias químicas y fisiológicas entre ambas especies. También en el estudio de Olmos et al. (2018) muestra rendimientos mucho mas altos por el tipo de extracción utilizado.

3.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

3.3.1. DENSIDAD

Se obtuvieron los siguientes datos:

$$d = \frac{m_1 - m}{v}$$

m (peso en gramos del picnómetro vacío) = 15.1215g

m_1 (peso en gramos del picnómetro con el aceite esencial a 20°C) = 19.9150g

v (volumen del picnómetro) = 5mL

Reemplazando:

$$d = \frac{19.9150 - 15.1215}{5}$$
$$d = \frac{4.7935}{5} = 0.9587 \text{ g/mL}$$

La densidad del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. determinada a 20°C fue de 0.9587 g/mL. Este resultado se encuentra dentro del rango habitual para aceites esenciales de plantas de la familia *Asteraceae*, cuyos valores suelen oscilar entre 0.85 y 1.05 g/mL, según lo señalado para otras especies del género *Ageratina* (Gonzales et al., 2021).

En estudios como el de Del Río et al. (2016), quienes analizaron el aceite esencial de *Ageratina jocotepecana*, reportaron valores de densidad cercanos a 1g/mL lo cual sugiere que el aceite esencial *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. presenta características fisicoquímicas compatibles con las reportadas para aceites esenciales.

3.3.2. ÍNDICE DE REFRACCIÓN

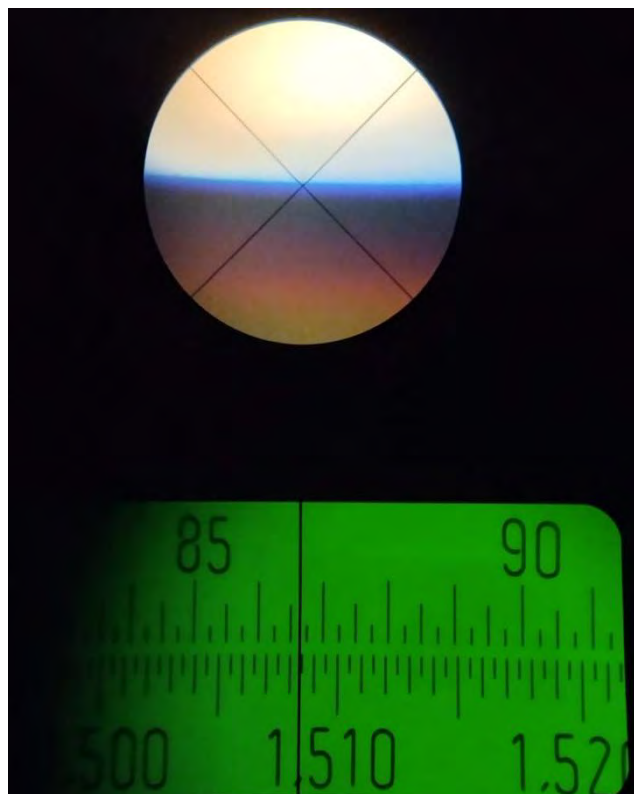
El índice de refracción se midió con el refractómetro:

n_{D1} : 1.5084

n_{D2} : 1.5083

Figura 23

Resultados de índice de refracción



El índice de refracción del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. fue de 1.5084 ± 0.001 valor que se encuentra dentro del rango reportado para aceites esenciales del género. Al compararlo con antecedentes recientes, estudios sobre *Ageratina dendroides* reportan un índice de refracción de aproximadamente 1.5001 ± 0.0016 el cual se aproxima al valor obtenido (Eduardo Valarezo, 2023).

3.3.3. ROTACIÓN ÓPTICA

La rotación óptica se midió con el polarógrafo:

$$\alpha = -0.122$$

$$\alpha = -0.120$$

La rotación óptica del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. es de -0.122 ± 0.001 , lo que indica que el aceite esencial presenta una desviación levógira, es decir, que rota el plano de la luz polarizada hacia la izquierda (Eduardo Valarezo, 2023). Este comportamiento corresponde a la presencia de moléculas con actividad óptica, el cual al ser comparado con estudios previos se evidencia la consistencia en las propiedades físicas del aceite esencial. Al comparar este valor con el antecedente de $-0.121.75$ de la *Ageratina pichinchensis* (Torres-Barajas, 2021), esta similitud sugiere que la composición química del

aceite esencial evaluado en este estudio se mantiene dentro del rango esperado para esta especie.

3.3.4. ÍNDICE DE ACIDEZ

$$\text{Índice de acidez (I. A.)} = \frac{56.1 * V * N * \text{meq KOH}}{m}$$

Dónde:

56.1 = meq. de KOH

V (volumen de KOH gastados en la titulación) = 2.7mL.

N (Concentración del KOH) = 0.1 N

m (masa del aceite esencial) = 0.3166mg

$$\text{Índice de acidez (I. A.)} = \frac{56.1 * 2.7 * 0.1}{0.3166}$$

$$\text{Índice de acidez (I. A.)} = \frac{15.147}{0.3166} = 47.8427 \text{ meq/g}$$

$$\text{Índice de acidez (I. A.)} = 4.784\%$$

El valor del índice de acidez del aceite esencial es de $4.784 \pm 0.011\%$, valor que refleja la presencia de ácidos grasos libres generados por procesos de oxidación o degradación de algunos componentes terpénicos. Este tipo de variaciones es común en aceites esenciales expuestos a factores ambientales durante el procesamiento o almacenamiento (Olmos et al., 2018).

3.3.5. ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

$$IS = \frac{56.1 * N(V_1 - V_2)}{m}$$

Dónde:

N (Concentración del HCl) = 0.1N

56.1 (Miliequivalente de KOH en mg)

V₁ Volumen de HCl gastados en blanco = 10.2mL

V₂ (Volumen de HCl gastados en muestra) = 8.6mL

m (masa de muestra) = 0.3084g

Reemplazando:

$$IS = \frac{56.1 * 0.1(10.2 - 8.6)}{0.3084g}$$

$$IS = \frac{8.976}{0.3084} = 29.095\%$$

El índice de saponificación obtenido para el aceite esencial fue de 29.095%, valor que indica la presencia de compuestos susceptibles de reaccionar con álcalis, principalmente esteres y otros componentes de masa molar relativamente baja, el valor obtenido sugiere que el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob posee una fracción significativa de compuestos esterificados, lo cual concuerda con el comportamiento químico descrito en estudios de aceites derivados de especies de *Asteraceae* (Vargas, 2021).

3.3.6. SOLUBILIDAD

Los resultados de solubilidad se muestran a continuación:

Tabla 6

Resultados de solubilidad del aceite esencial de Ageratina cuzcoensis (Hieron) R.M. King & H. Rob. .

SOLVENTE	RESULTADO	APARIENCIA
Agua	-	Dos fases
Etanol 50%	-	Dos fases
Etanol 70%	+	Lechoso
Etanol 96%	++	Lechoso
Etanol absoluto	+++	Emulsión amarillenta
Metanol	+	Precipitado blanco
Acetona	+++	Solución amarillenta
Cloroformo	+++	Solución amarillenta
Hexano	+++	Solución amarillenta

Leyenda:

+++ = Muy soluble

++ = Soluble

+ = Poco soluble

- = Insoluble

Los resultados muestran que el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob es insoluble en agua, formando dos fases claramente diferenciadas, este comportamiento es característico de los aceites esenciales debido a su naturaleza predominantemente hidrofóbica, compuesta por monoterpenos y sesquiterpenos no polares. Estudios previos sobre aceites esenciales de especies pertenecientes a la familia *Asteraceae*,

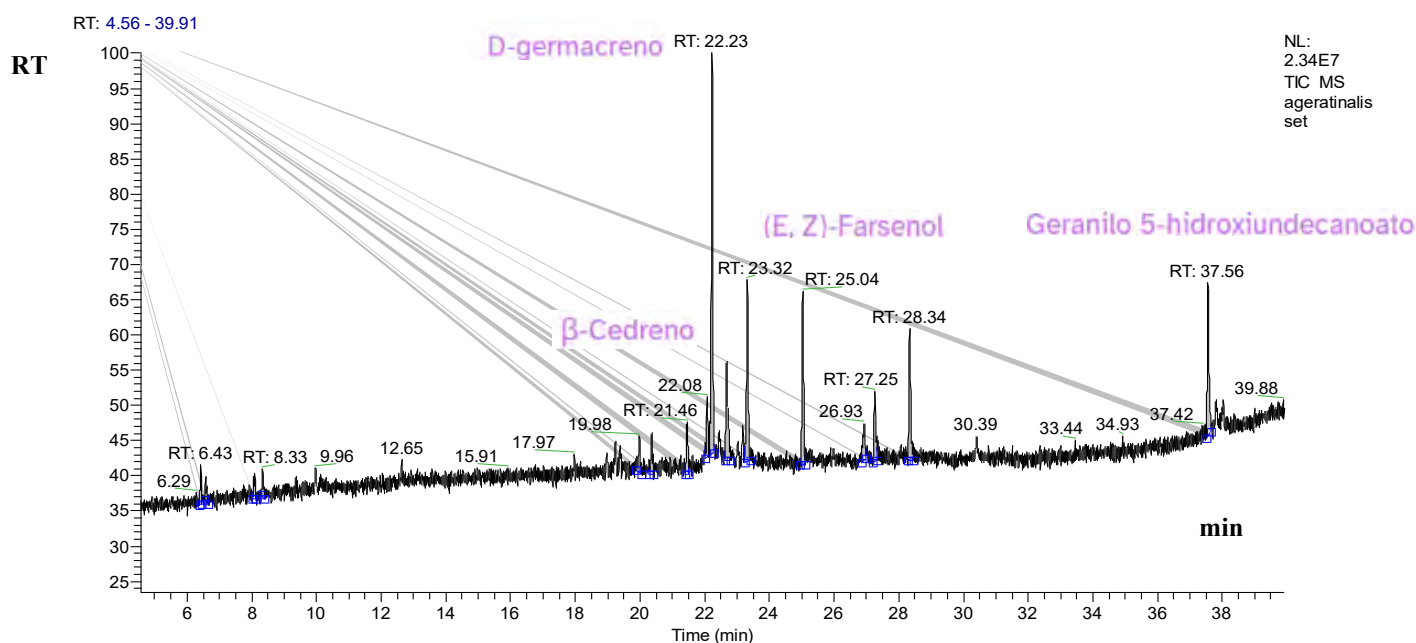
como los reportados Torres-Barajas et al. (2012), coinciden en que estos aceites presentan nula miscibilidad en agua, lo que confirma la similitud con los resultados obtenidos.

3.4 DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

Para la determinación de la composición química del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. se determinó por análisis cromatográfico y el cromatograma obtenido fue el siguiente:

Figura 24

Cromatograma del aceite esencial de la Ageratina cuzcoensis (Hieron) R.M. King & H. Rob.



En la figura 24 nos muestra el cromatograma del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. , se observa 16 picos característicos donde el pico más alto se encuentra en el tiempo de retención de 22.23 y el pico más bajo se encuentra en el tiempo de retención de 19.98.

Los componentes químicos identificados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7

Componentes químicos del aceite esencial de Ageratina cuzcoensis (Hieron) R.M. King & H. Rob. .

Compuesto identificado	RT	Área	%Área
No identificado	6.43	3270643.608	1.8
No identificado	6.58	2161579.279	1.19
No identificado	8.08	2668285.813	1.47
No identificado	8.33	2568696.736	1.42
No identificado	19.98	5173296.64	2.85
No identificado	20.37	5166868.716	2.85
No identificado	21.46	5682103.233	3.13
Ácido pterin-6-carboxílico	22.08	5634645.777	3.1
D-Germacreno	22.23	42837879.66	23.61
No identificado	22.69	14791736.13	8.15
β-Cedreno	23.32	21562203.92	11.88
(E, Z)-Farnesol	25.04	19908529.25	10.97
No identificado	26.93	5899645.02	3.25
No identificado	27.25	9207214.118	5.07
No identificado	28.34	16056796.43	8.85
Geranilo 5-hidroxiundecanoato	37.56	18887557.08	10.41

NI: No identificado

RT: Tiempo de retención

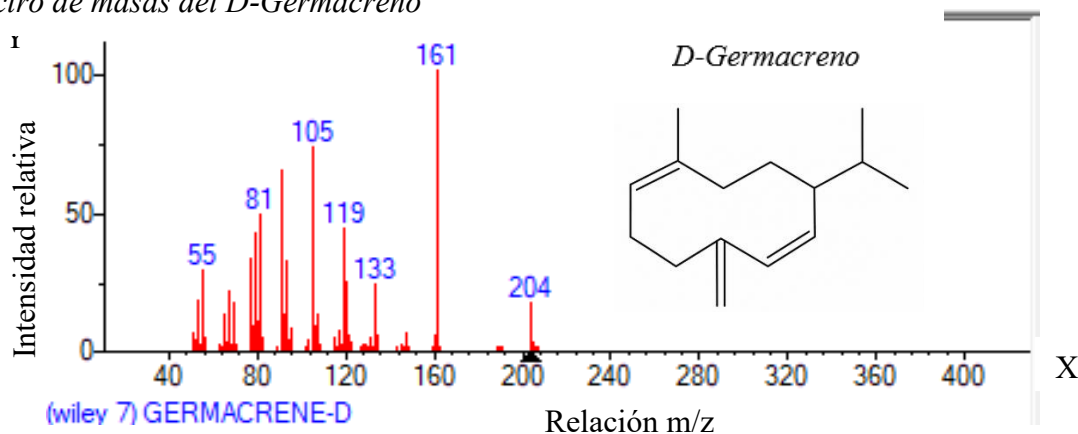
El componente que se presenta en mayor cantidad es el D-Germacreno, componente que se presenta usualmente en el género *Ageratina* como indica (Fajardo, 2021) este compuesto fue identificado con una abundancia de 23.61, también se pudo identificar al ácido pterin-6-carboxílico con un porcentaje de 3.1, β-Cedreno con una abundancia de 11.88, (E, Z)-Farnesol con una abundancia de 10.97 y Geranilo 5-hidroxiundecanoato con una abundancia de 10.41.

En el aceite de *Ageratina grandifolia* los compuestos identificados forman el 54.6% y el compuesto con mayor abundancia es la desmetoxiencicalina con 18% (Gutierrez, 2021).

Los espectros obtenidos por el espectrómetro de masas de los componentes mayoritarios son los siguientes:

Figura 25

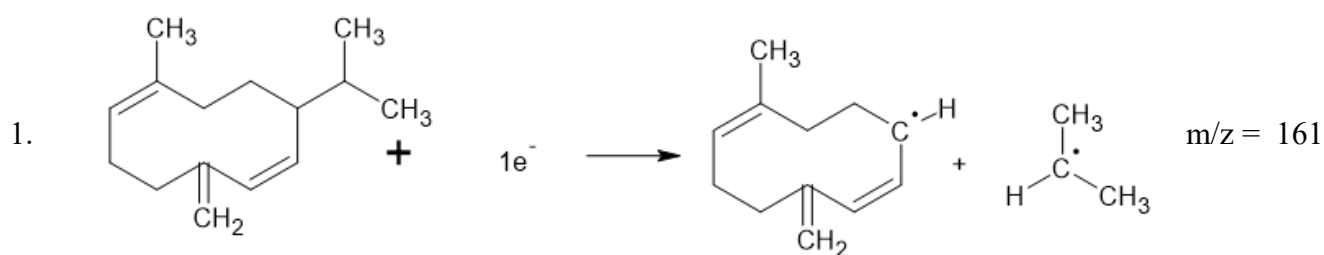
Espectro de masas del D-Germacreno



En la figura 25 nos muestra el espectro de masas del compuesto D-germacreno que es el componente mayoritario del aceite esencial *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. , donde el pico 161 es el pico base que es de máxima abundancia relativa, el pico que representa al ion molecular es el de 204 el cual presenta una abundancia relativa baja esto se debe a que la molécula se fragmenta fácilmente y al detector llegan muy pocas moléculas enteras, los demás picos se dan de la fragmentación que se generan formando cationes radicales o iones moleculares (Dantus, 2024).

Figura 26

Mecanismos de fragmentación del D-Germacreno



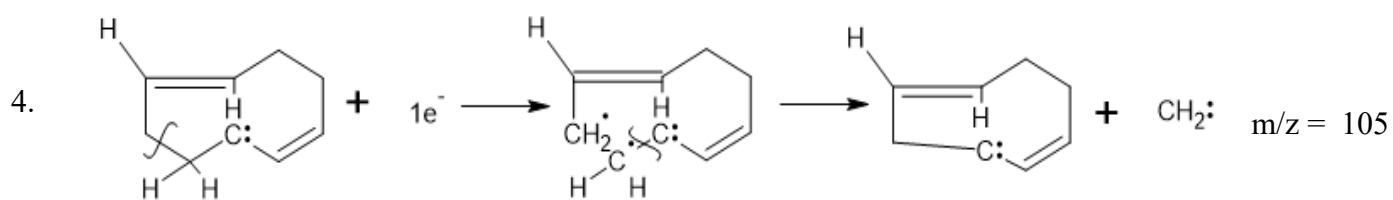
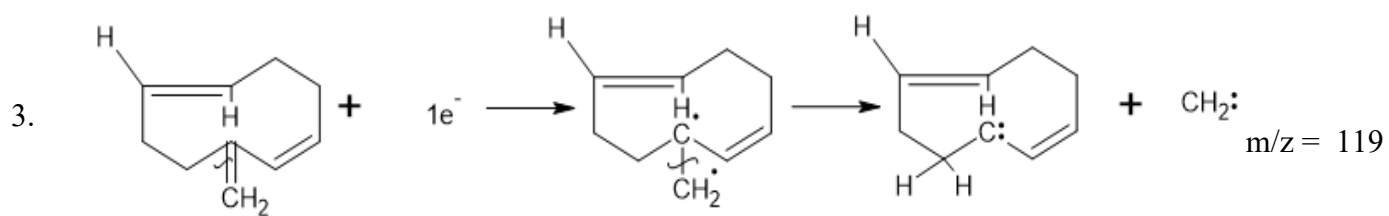
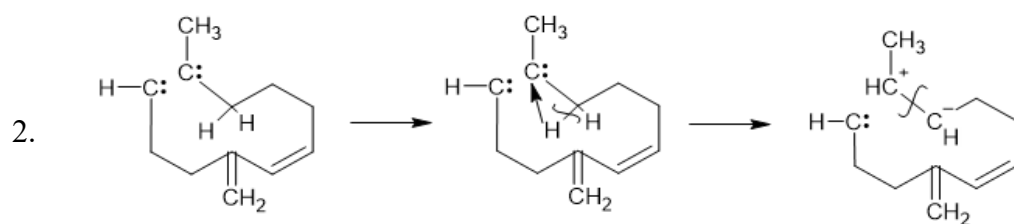
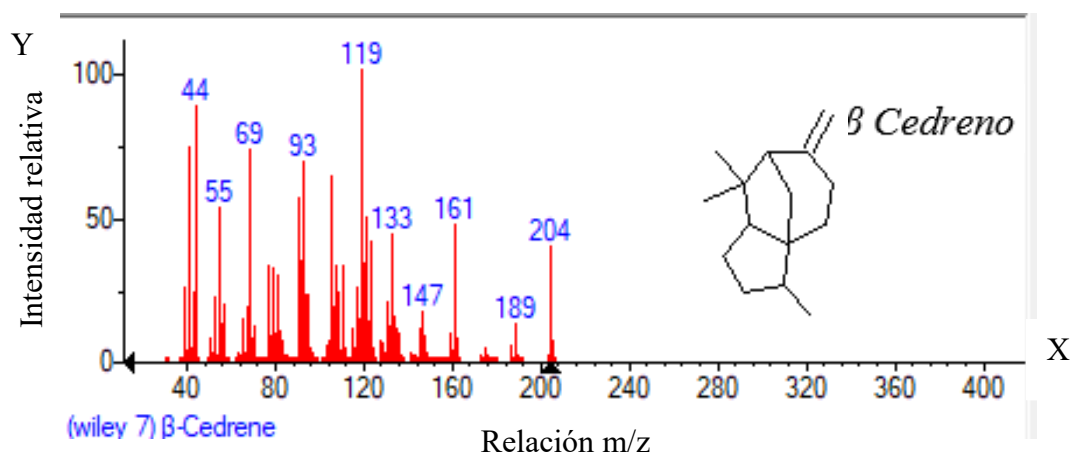


Figura 27

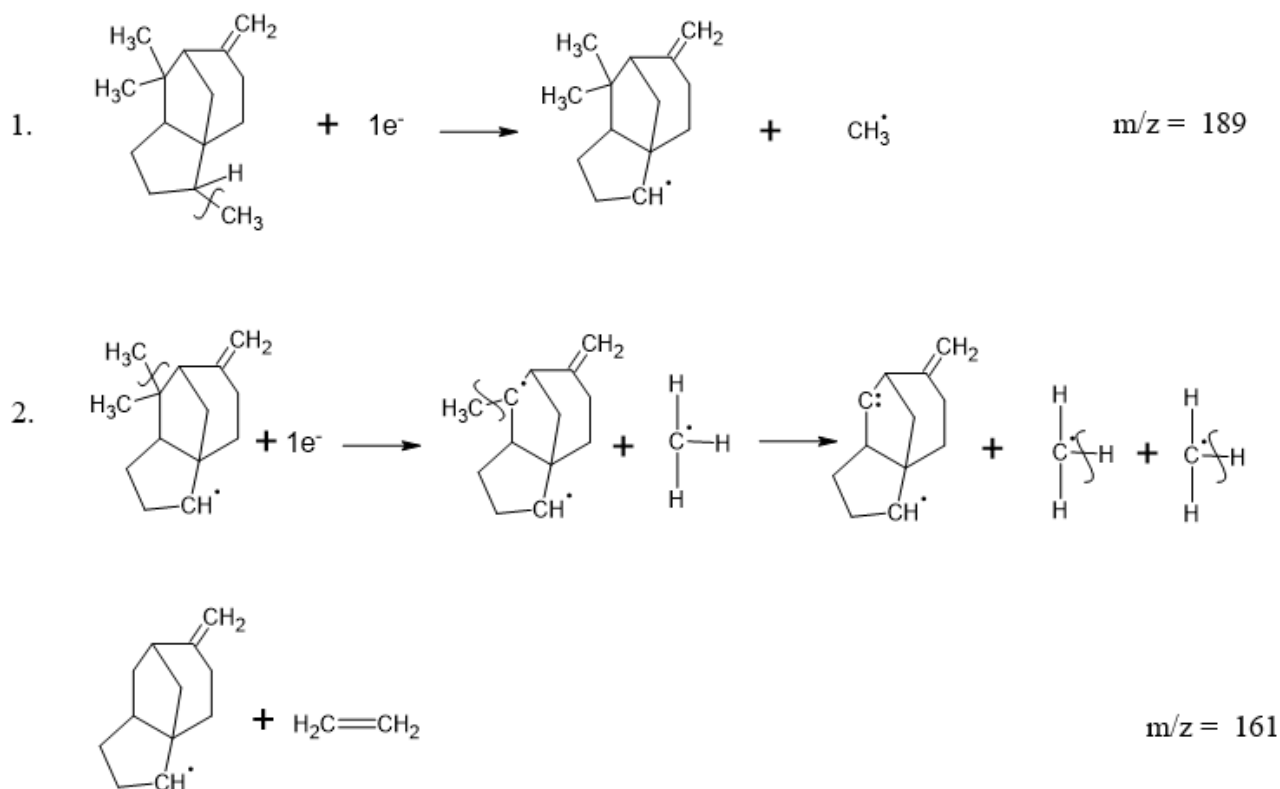
Espectro de masas del β Cedreno

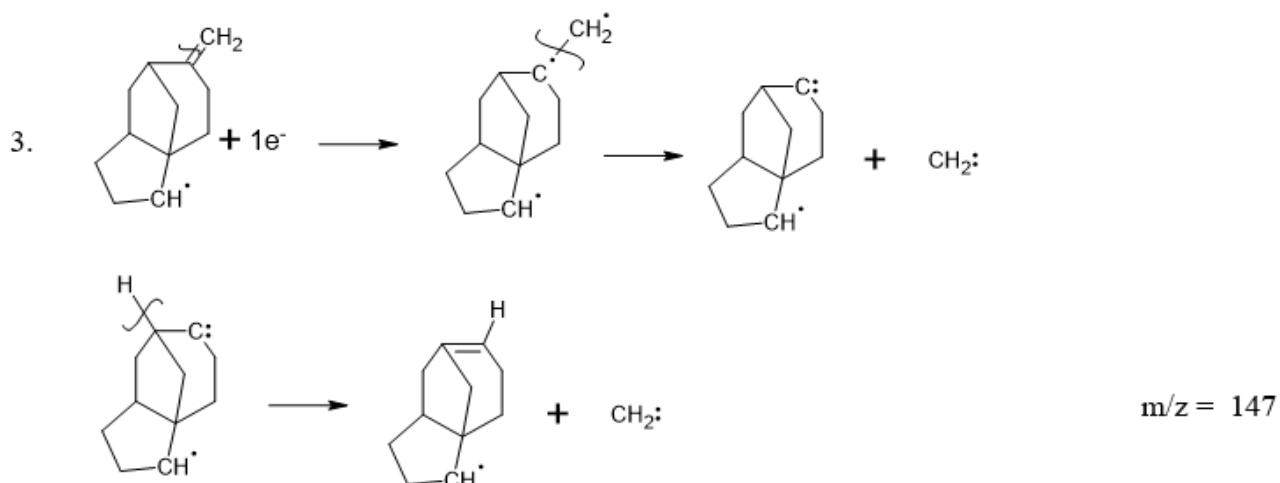


En la figura 27 nos muestra el espectro de masas del compuesto β Cedreno, donde el pico 119 es el pico base que es de máxima abundancia relativa, y el pico que representa al ion molecular es el de 204, los demás picos se dan de la fragmentación que se generan al pasar por el campo electromagnético formando cationes (Dantus, 2024).

Figura 28

Mecanismos de fragmentación del β Cedreno





3.5. EFECTO ANTIBACTERIANO

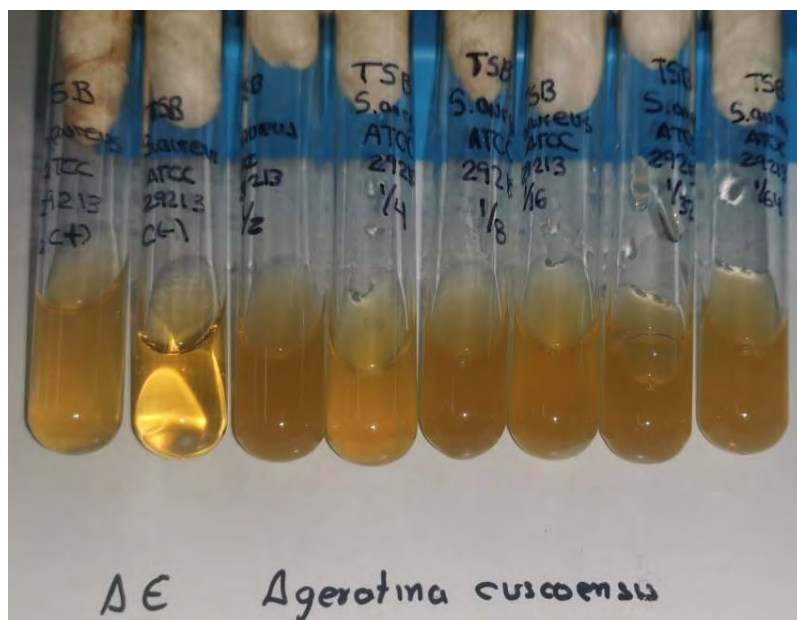
3.5.1. Capacidad Bactericida

3.5.1.1. Concentración Mínima Bactericida CMB

La concentración mínima bactericida se realizó con la prueba de dilución en caldo:

Figura 29

Resultados de la CMB del AE de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.



$m/z = 147$

Nota. Fuente propia

Los resultados de la capacidad mínima bactericida se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8

Resultados de la concentración mínima bactericida del aceite esencial de Ageratina cuzcoensis (Hieron) R.M. King & H. Rob. .

	C(+)	C(-)	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64
CMB1	+	-	+	+	+	+	+	+
CMB2	+	-	+	+	+	+	+	+
CMB3	+	-	+	+	+	+	+	+

+ = Positivo a presencia de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

- = Negativo a presencia de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

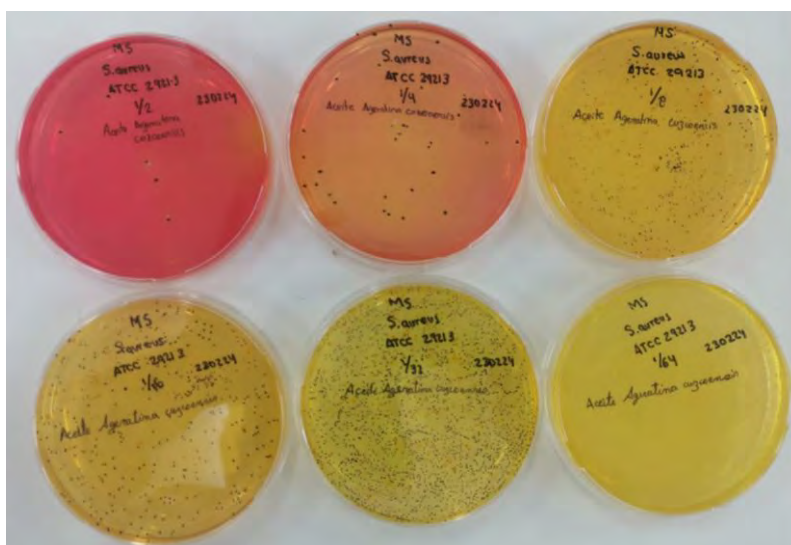
Según los resultados de la CMB se observa que el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. no llega a matar completamente a la bacteria de *Staphylococcus aureus* por ello no se determinó capacidad mínima bactericida en las concentraciones evaluadas, se observa que en las diluciones de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 y 1:64 hay presencia de la bacteria de *Staphylococcus aureus* al observar el color opaco que muestra al comparar con la escala de McFarland mientras que en el control negativo se observa que el caldo se encuentra más luminiscente lo cual indica que no se ha contaminado por la bacteria.

5.5.1.2. Capacidad Bacteriostática

La capacidad bacteriostática se realizó por el método de dilución en caldo:

Figura 30

Resultados de la CMB del AE de Ageratina cuzcoensis (Hieron) R.M. King & H. Rob.



Los resultados de la capacidad bacteriostática se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9

Resultados de la capacidad bacteriostática del aceite esencial de Ageratina cuzcoensis (Hieron) R.M. King & H. Rob.

	C (+)	C (-)	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64
CMB1	+	-	+	+	++	++	+++	+++
CMB2	+	-	+	+	++	++	+++	+++
CMB3	+	-	+	+	++	++	+++	+++

+ = Positivo a presencia de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

- = Negativo a presencia de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

Según los resultados de la capacidad bacteriostática se observa que el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. sí detiene el crecimiento de la bacteria de *Staphylococcus aureus* por ello presenta capacidad bacteriostática en la dilución de 1/4, pero también se observa que en las diluciones de 1:8, 1:16, 1:32 y 1:64 la bacteria de propaga gradualmente en cuanto la concentración del aceite esencial disminuye, esto se pudo determinar al contabilizar las colonias formadas por la bacteria de *Staphylococcus aureus*. En Torres-Barajas, 2012 donde estudiaron aceites esenciales del género *Ageratina* observaron que estos presentan mayor eficacia contra *Staphylococcus aureus*, frente a bacterias gramnegativas, debido a la menor complejidad de la pared celular de las grampositivas, lo cual facilita la acción de los compuestos lipofílicos del aceite.

3.5.2. Capacidad Mínima Inhibitoria

Los resultados de la capacidad mínima inhibitoria se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10

Resultados de Capacidad Mínima Inhibitoria.

Diluciones	I (mm)	II (mm)	III (mm)	Promedio
100%	11.38	11.36	11.48	11.452 ± 0.06
75%	12.33	12.31	12.73	12.387 ± 0.17
50%	13.96	13.83	13.64	13.710 ± 0.15
25%	16.78	16.42	16.02	16.488 ± 0.30

12.5%	14.73	14.38	14.85	14.785 ± 0.22
6.25%	13.74	13.58	13.81	13.690 ± 0.16
C (+)	20.53	20.01	20.38	20.257 ± 0.09
C (+)	16.76	16.92	16.89	16.857 ± 0.11
C (-)	0	0	0	0.00

C1 (+): Vancomicina

C2 (+): Oxacilina

C (-): Etanol

Los resultados de la CMI muestran que el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. al 25% presenta un halo de inhibición mayor a 16mm, cuyo valor se acerca al control positivo de Oxacilina en las dos pruebas realizadas, se observó que el aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. tiene mejor capacidad bacteriostática al 25% esto se debe por la volatilidad que el aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. presenta, ya que al estar el aceite esencial al 100% es mucho más volátil y al trabajar en un ambiente inerte con calor este se volatiliza rápidamente. Los valores obtenidos coinciden con el documento en investigaciones de aceites esenciales ricos en sesquiterpenos, como los de *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae), evaluados por Ramírez et al. (2016), quienes reportaron halos entre 10 y 18mm frente a *Staphylococcus aureus* en concentraciones similares a 1:2 y 1:4. Según estos autores, la variación del halo depende de la proporción de compuestos biológicamente activos como el D germacreno, y el espatulenol.

Tabla 11

Resultados de capacidad mínima inhibitoria, nivel de significancia.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.052529167	2	0.0033371	0.01916086	3.204317292
Dentro de los grupos	354.1740375	45			
Total	354.2265667	47			

Considerando el valor de la probabilidad el cual es de 0.019, al comparar con el valor de significancia que se considera del 5% o del 0.05, este presenta un valor menor al valor de la significancia lo que nos indica que los datos obtenidos en las pruebas de capacidad mínima inhibitoria presentan similitud y comparando la varianza entre los grupos y son considerados valores exactos. En Cabrera, 2019 también se obtuvo un valor de significancia estadística menor a 0.05 en el aceite esencial de *Luma chequen* frente a *Staphylococcus aureus*.

CONCLUSIONES

1. El porcentaje del aceite esencial obtenido se llevó a cabo por el método de arrastre de vapor por hidrodestilación con trampa de Clevenger, que fue de $0.061\% \pm 0.008$ bajo las condiciones del método empleado donde se utilizó 15 kg de muestra.
2. Las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob, determinados fueron el índice de refracción donde el valor fue de 1.5084 ± 0.001 , el valor de la densidad fue de 0.9587 ± 0.004 g/mL, la solubilidad del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. fue mayor en disolventes apolares, el valor del índice de acidez fue de $4.784\% \pm 0.011$ y el valor del índice de saponificación fue de $29.095\% \pm 0.021$, estos valores evidencian un comportamiento característico de este tipo de sustancias destacando su naturaleza hidrofóbica y valores compatibles con aceites esenciales reportadas en literatura.
3. La composición química del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. por cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas permitió una identificación parcial de los componentes del aceite esencial donde los componentes identificados fueron el D-Germacreno con un porcentaje de 23.61 %, ácido pterin-6-carboxílico con un porcentaje de 3.1 %, β -Cedreno con un porcentaje de 11.88 %, (E, Z)-Farnesol con un porcentaje de 10.97 % y Geranilo 5-hidroxiundecanoato con un porcentaje de 10.41 %, los resultados sugieren un perfil con predominio de componentes sesquiterpenicos; sin embargo la presencia de compuestos no identificados limita la caracterización completa del aceite esencial.
4. Se evaluó el efecto antibacteriano del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* mediante pruebas de Capacidad Mínima Bactericida, Capacidad Bacteriostática y Capacidad Mínima Inhibitoria frente a *Staphylococcus aureus*. Los resultados evidenciaron que el aceite esencial no presentó capacidad bactericida, ya que no logró eliminar

completamente a la bacteria; sin embargo, mostró capacidad bacteriostática, principalmente en la dilución de 1:4, disminuyendo su efecto conforme la dilución del aceite esencial disminuyo, lo que indica una potencia antimicrobiana moderada. La mayor capacidad mínima inhibitoria se observó al 25% con un halo de inhibición de 16.48mm el cual fue cercano al control positivo de la oxacilina.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con más estudios utilizando nuevos aceites esenciales, ya que el Perú cuenta con una amplia variedad de especies vegetales que pueden tener usos medicinales.
- Realizar investigaciones de extractos probando la capacidad antibacteriana, frente a bacterias que causan diferentes enfermedades.
- Evaluar la actividad antimicrobiana frente a diferentes tipos de bacterias grampositivas y gramnegativas.
- Realizar las diluciones con un compuesto menos volátil que el etanol en las pruebas biológicas para determinar la capacidad bacteriostática donde se necesita el aceite esencial a diferentes concentraciones.
- Realizar estudios preliminares para poder utilizar el aceite esencial como agente antimicrobiano en diferentes industrias.
- Aislar el componente mayoritario del aceite esencial (D-germacreno) para potenciar el poder antibacteriano y ser utilizado como principio activo de medicamentos utilizados contra infecciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abers, M. (2021). Actividad antimicrobiana de las sustancias volátiles de los aceites esenciales. *Springer nature*. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12906-021-03285-3>
- Álvarez, I. A. (2010). *Caracterización Fisicoquímica de Aceite Esencial de limón de Tucumán*. Estudio del Comité académico de AUGM de la Universidad Nacional de Tucumán. <https://scait.ct.unt.edu.ar/pubjornadas2010/trabajos/199.pdf>
- Álvarez, M. R., Meléndez, L. A., & Cosío, S. M. R. (2012). *Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Arzave, R., Maldonado, S., Muro, C., & Miranda, V. (2016). Índice de saponificación de cinco mantecas determinado mediante un micrométodo. *Estudio de Investigación y desarrollo en Ciencia y Tecnología de alimentos*, 1(1).
- Baser, K. H. C. (2022). *Handbook of essential oils: Science, technology, and applications* (3tr ed.).
- Bauman, K. (2025). *The shikimate pathway: gateway to metabolic diversity*.
- Bermúdez-Vásquez, M. J., Granados-Chinchilla, F., & Molina, A. (2019). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 147-163. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n1/2215-3608-am-30-01-00147.pdf>
- Bin Nabi, Md. H., Ahmed, Md. M., Mia, M., Islam, S., & Zzaman, W. (2025). Essential Oils: Advances in Extraction Techniques, Chemical Composition, Bioactivities, and emerging, Applications. *Food Chemistry Advances*, 1, 101048. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101048>
- Cabrera, D. Z. N. (2019). *Principios activos del Aceite esencial de Luma chequen (Molina) A. Gray «Arrayan» y evaluación de su actividad antibacteriana*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/57c2b123-3b05-4ff1-8cb4-52ae30841a1c/content>

- Camacho, A. (2019). *Cromatografía de gases masas (GCMS): Técnica pirólisis-cromatografía de gases (Py-GCMS)*. <https://blog.analitek.com/cromatografia-de-gases-masas-gcms-tecnica-pirolisis-cromatografia-de-gases-py-gcms-0-1>
- Camacho, M. A. (2018). *Espectrometría de masas (MS); fundamento y equipos*. <https://blog.analitek.com/espectrometria-de-masas-ms-fundamento-y-equipos-0-1>
- Cañigual, S. (2017). Los aceites esenciales en fitoterapia. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. <https://www.redalyc.org/pdf/856/85617508002.pdf>
- Carhuallanqui, A., Salazar, M. E., & Ramos, D. (2020). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(1), 23-33. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.530>
- Carhuapoma, M. (2012). *Metabolitos vegetales con actividad antiparasitaria*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4185507>
- Cervantes-García, E., García-González, R., & Salazar-Schettino, P. M. (2014). Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Revista Latinoamericana Patología clínica de la Universidad Autónoma de México. México*. 61(1), 28-40.
- Del Rio, R. E., & Martínez Pacheco, M. M. (2016). Composición química del aceite esencial de *Ageratina jocospecana* y su efecto repelente. <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/264>
- Fajardo, F. J. U., Lucena, M. E., Briceño, K. M., Carrero, V. S., Fermín, L. B. R., Rojas, Y. E. C. de, Rodríguez, S. H. T., & Manzano, V. P. C. (2021). Composición y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ageratina neriifolia* (Asteraceae) de Mérida-Venezuela. *Revista Cubana de Farmacia*, 54(1). <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/548>
- Fajardo, F. J. U., Ustáriz, M. E. L. de, Briceño, K. M., Carrero, V. S., Rojas-Fermín, L. B., Rojas, Y. E. C. de, Rodríguez, S. H. T., & Manzano, V. P. C. (2020). Composición y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ageratina neriifolia* (Asteraceae) de Mérida-Venezuela. Universidad de los Andes. Venezuela. *Revista Cubana de*

Farmacia, 54(1), 1-16.

- Ferrer, C. F. P. (2021). *Obtención y caracterización del aceite esencial de manzanilla (Matricaria recutita L.) mediante microondas y arrastre con vapor*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/67cdb677-87e4-49a8-9cc3-dbeafd25d095/content>
- Gonzales, M., Villena, G., & Kitazono, A. (2021). Evaluation of the antioxidant activities of aqueous extracts from seven wild plants from the Andes using an in vivo yeast assay. *Results in Chemistry*, 3, 100098. ELSEVIER.
<https://doi.org/10.1016/j.rechem.2021.100098>
- González-Güereca, M. C., Torrecillas, L. C. C., & Castillo, M. P. G. (2010). *Calidad del aceite esencial de orégano según el proceso de destilación y equipo de extracción*. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. <https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/handle/123456789/8212>.
- Gutierrez, J. A. (2021). *Inhibidores de alfa-glucosidasas de Ageratina grandifolia (Regel) R.M. King & H. Rob (Asteraceae)*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/inhibidores-de-alfa-glucosidasas-de-ageratina-grandifolia-regel-rm-king-h-rob-asteraceae-3577695?c=>
- Gutiérrez, M. C., & Droguet, M. (2002). *La Cromatografía de gases y la espectrometría de masas: Identificación de compuestos causantes de mal olor*. Universidad Politécnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/entities/publication/51b9b2f4-81af-4670-8599-8fd25594b48e>.
- Halawa, E. (2023). Acción y resistencia a los antibióticos.
- Helmi, A. (2022). Genes de virulencia .
- Horna Quintana, G. (2023). Concentración mínima inhibitoria y concentración mínima bactericida de ciprofloxacina en bacterias uropatógenas aisladas. *Redalyc*.
- Huang, Y. (2021). *Research progress in biosynthesis and regulation of plant terpenoids*. Taylor y Francis. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13102818.2021.2020162>
- Huaraca Aparco, R., Delgado Laime, M. D. C., Tapia Tadeo, F., & Nolasco Carbajal, G.

- (2021). Perfil químico y actividad antioxidante de aceites esenciales de hierbas aromáticas altoandinas del Perú. *Revista Alfa*, 5(14), 153-165.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.106>
- Hurtado, J., Castañeda, R., & Alban Castillo, J. (2021). Vista de Asteráceas medicinales en dos comunidades andinas del sur del Perú: Quinoa (Ayacucho) y Lircay (Huancavelica). Lima-Perú. <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/175/179>
- Hurtado, M. P., de la Parte, M. A., & Brito, A. (2002). *Staphylococcus aureus: Revisión de los mecanismos de patogenicidad y la fisiopatología de la infección estafilocócica. Caqracas-Venezuela*. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562002000200003
- Ishak, A. (2024). Antibacterianos bactericidas versus bacteriostáticos.
- Jardines, Y., Jardines Figueredo, Y., García Pérez, T. H., Roque Quintero, A., Álvarez Vera, M., del Barrio Alonso, G. del C., Jardines Figueredo, Y., Spengler Salabarría, I., García Pérez, T. H., Roque Quintero, A., & Álvarez Vera, M. (2021). Evaluación preliminar de la actividad de *Ageratina havanensis* contra virus dengue 2. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 73(1).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0375-07602021000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Kong, S. (2023). Hydraulic Cold-Pressed Extraction of Sacha Inchi Seeds: Oil Yield and Its Physicochemical Properties.
- Kumar, R. (2018). Influencia de la proporción de flores y agua y el tiempo de destilación de flores de rosa de Damasco. *Journal of Essential oil research*.
<https://discovery.researcher.life/article/influence-of-flower-to-water-ratio-and-distillation-time-of-damask-rose-rosa-damascena-mill-flowers-on-essential-oil-content-and-composition-in-the-western-himalayas/57e38914fcdf3939955cf557452534a5>
- Lozano, O., & Berenice, A. (2018). *Determinación del efecto antimicrobiano de los aceites esenciales de tomillo (Thymus vulgaris) y orégano (Origanum vulgare) frente a la bacteria Staphylococcus aureus ATCC: 12600*. [Tesis de pregrado, Universidad

- Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16043/1/UPS-CT007779.pdf>
- Malbran, C. (2023). *Preparacion del estandar Mc Farland*. Estudio de division de Ciencias Naturales y Exactas Departamento de Biologia, Campus Guanajuato. https://www.ugto.mx/investigacionyposgrado/veranos/images/otrosdocumentos_2022/17-PROTOCOLO-4_-JUANA_ELIZABETH_REYES-MARTINEZ.pdf
- Mena, C., Silva L., B., & Medina, A. (2020). Composición Química y Actividad Biológica de los Aceites esenciales de *Lamiaceas*, *Asteraceas*, *Vernaceas*. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/157/1572063001/html/>
- Montero-Recalde, M., Morocho-Núñez, M. J., Avilés-Esquivel, D., Carrasco-Cando, Á., & Erazo-Gutierrez, R. (2019). Eficacia antimicrobiana del aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus* spp) sobre cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* subsp. *Aureus*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 932-938. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16099>
- Muñoz, P. B. (2017). *Estudio Fitoquímico y Screening de la actividad biológica de las especies Conyza trihecatactis y Ageratina vacciniaefolia*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-10554-34501/Similar?sid=166341>
- Navarro, R. (2022). *Aceites esenciales*. Atida. <https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/aceites-esenciales/>
- Noguera, B. (2020). *Principales métodos de extracción de aceites esenciales*. Ingeniería Química Reviews. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/08/extraccion-aceites-esenciales-principales-metodos.html://Extraccion-con-solvets-volatiles>
- Olmos, D. P. J., Páez, M. C. G., & Álvarez, Ó. (2018). *Estudio comparativo de los aceites esenciales de las plantas Amargoso (Ageratina tinifolia), Jarilla Derecha (Ageratina elegans) y Chitón (Pentacalia vaccinioides) componentes que disminuyan la evaporación de una fragancia*.
- Pasachova, J., Ramirez Martinez, S., & Muñoz Molina, L. (2019). *Staphylococcus aureus: Generalidades, mecanismos de patogenicidad y colonización celular*. *Nova*, 17(32), 25-

38. <https://doi.org/10.22490/24629448.3631>

Pruebas de sensibilidad antimicrobiana: Metodología de laboratorio.

Ramirez, C. B., Garcia Sanchez, E., Martinez Muñoz, R. E., Del Rio, R. E., & Martinez

Pacheco, M. M. (2016). Composición química del aceite esencial de *Ageratina jocosotepecana* y su efecto repelente en termitas de madera seca *Incisitermes marginipennis*. Mexico. <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/256/264>

Ruiz, C., Diaz, C., & Rojas, R. (2015a). Composición Química de Aceites esenciales de 10 plantas aromáticas Peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(2), 81-94. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i2.10>

Ruiz, C., Diaz, C., & Rojas, R. (2015b). Composición Química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. *Revista de sociedad Química del Perú*. <http://revistas.sqperu.org.pe/index.php/revistasqperu/article/view/10/6>

Taype, O. (2021). *Compuestos bioactivos, perfil antioxidante y actividad antimicrobiana del aceite esencial de Tagetes erecta y Tagetes patula.*

Torres-Barajas, L., Rojas-Vera, J., Morales-Méndez, A., Rojas-Fermín, L., Lucena, M., & Buitrago, A. (2012). *Chemical composition and evaluation of antibacterial activity of essential oils of Ageratina jahnii and Ageratina pichinchensis collected in Mérida, Venezuela.*

Ubierna, S. (2019). *Interpretación del antibiograma.*

<https://mischuletasmedicas.blog/2019/07/10/chuleta-interpretacion-del-antibiograma/>

Valerazo-Eduardo, J., Jaramillo-Emmily, J., Carrion-Ana, J., Morocho-Vladimir. (2023). *A Study of the Essential Oil Isolated from Ageratina dendroides (Spreng.) R.M. King & H. Rob.: Chemical Composition, Enantiomeric Distribution, and Antimicrobial, Antioxidant, and Anticholinesterase Activities.*

Vargas, M. E., Lizarraga V. A. Chávez J. P. (2021). *Extracción, estudio fisicoquímico y actividad biológica del aceite esencial de Tagetes multiflora.* South Florida Journal of Development, 4(8), 3150-3160.

375573921_Extraccion_estudio_fisico_quimico_y_actividad_biologica_del_aceite_es

encial_de_la_Tagetes_multiflora_Chiquipa

Vikram, S. (2025). *La vía del shikimate: Puerta de entrada a la diversidad metabólica—*

Informes de productos naturales (RSC Publishing). Informes de productos naturales.

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/np/d3np00037k>

Werth, B. J. (2022). *Generalidades sobre los fármacos antibacterianos*.

[https://www.msdmanuals.com/es-pe/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-](https://www.msdmanuals.com/es-pe/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/generalidades-sobre-los-f%C3%A1rmacos-antibacterianos)

[y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/generalidades-sobre-los-f%C3%A1rmacos-](https://www.msdmanuals.com/es-pe/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/generalidades-sobre-los-f%C3%A1rmacos-antibacterianos)

[antibacterianos](https://www.msdmanuals.com/es-pe/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/generalidades-sobre-los-f%C3%A1rmacos-antibacterianos)

Whyte, B. (2024). Concentración mínima bactericida de antibióticos. *BMG LABTECH*.

Zhang, L. -H. (2025). Agentes nanobacteriaostáticos potenciales para su uso en el procesamiento y almacenamiento de alimentos cárnicos: una revisión crítica. *ScienceDirect*.

ANEXOS

Anexo 1 Determinación taxonómica.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO • APARTADO POSTAL: N° 621 - Cusco - Perú • FAX: 218156 - 218171 - 225111 • RECTORADO Calle Tique N° 123 Teléfono: 225291 - 224891 - 224181 - 224399 • CIUDAD UNIVERSITARIA Av. De la Cultura N° 711 - Teléfonos: 224601 - 225111 - 225199 - 225195 - 225226 • CENTRAL TELEFÓNICA: 225298 - 252210 225835 - 243836 - 243837 - 243838 • FACULTAD CENTRAL Plaza de Armas 101 Teléfonos: 225731 - 225721 - 224011 • MUSEO INKA Calle del Almirante N° 103 - Teléfono: 227381 • CENTRO AGRONÓMICO K'AVRA San Antonio 508 Cusco - Teléfonos: 277145 - 277241 • COLEGIO "FORTUNATO L. HEREDIA" Av. De la Cultura N° 721 "Edificio Universitario" - Teléfono: 227192
---	---

HERBARIO VARGAS CUZ

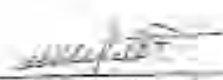
CERTIFICADO DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA N° 12-2023-HVC-FCB- UNSAAC

La Directora del Herbario Vargas CUZ, Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), deja constancia que: Las Estudiantes **Lisset Yadira Quillahuaman Carrasco** con código de matrícula **170604** y **Casandra Sandoval Maldonado**, con código de matrícula **170799**; estudiantes de la Escuela Profesional de Química; han presentado a la Dirección del Herbario Vargas CUZ, cuatro (04) muestras botánicas para su determinación taxonómica (expediente N° 513376), para realizar el proyecto de investigación **"COMPOSICION QUIMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS ACEITES ESENCIALES DE LAS ESPECIES TOMILLO, WIRA WIRA Y OTROS"**, las que al ser diagnosticadas por el Mgt. Abel Monteagudo Mendoza, utilizando claves dicotómicas, consulta con bibliografía especializada, y comparación con muestras del herbario, concuerdan con las siguientes especies; de acuerdo a la clasificación del Grupo del Sistema Filogenético de las Angiospermas (Angiosperm Phylogeny Group-APG IV, 2016).

N°	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
1	Asteraceae	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	M1 "wira wira"
2	Asteraceae	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	M2 "tomillo"
3	Asteraceae	<i>Ageratina cuzcoensis</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	M3 "k'ipa suncha"
4	Asteraceae	<i>Artemisia absinthium</i> L. vel sp. aff.	M4 "ajenjo"

Se le expide la presente certificación a petición formal de las interesadas para los fines que vieran por conveniente.

Cusco, 15 de marzo de 2023


 Blga. María Luisa Ochoa Cámara
 Directora del Herbario Vargas CUZ



Anexo 2 Recolección de muestra



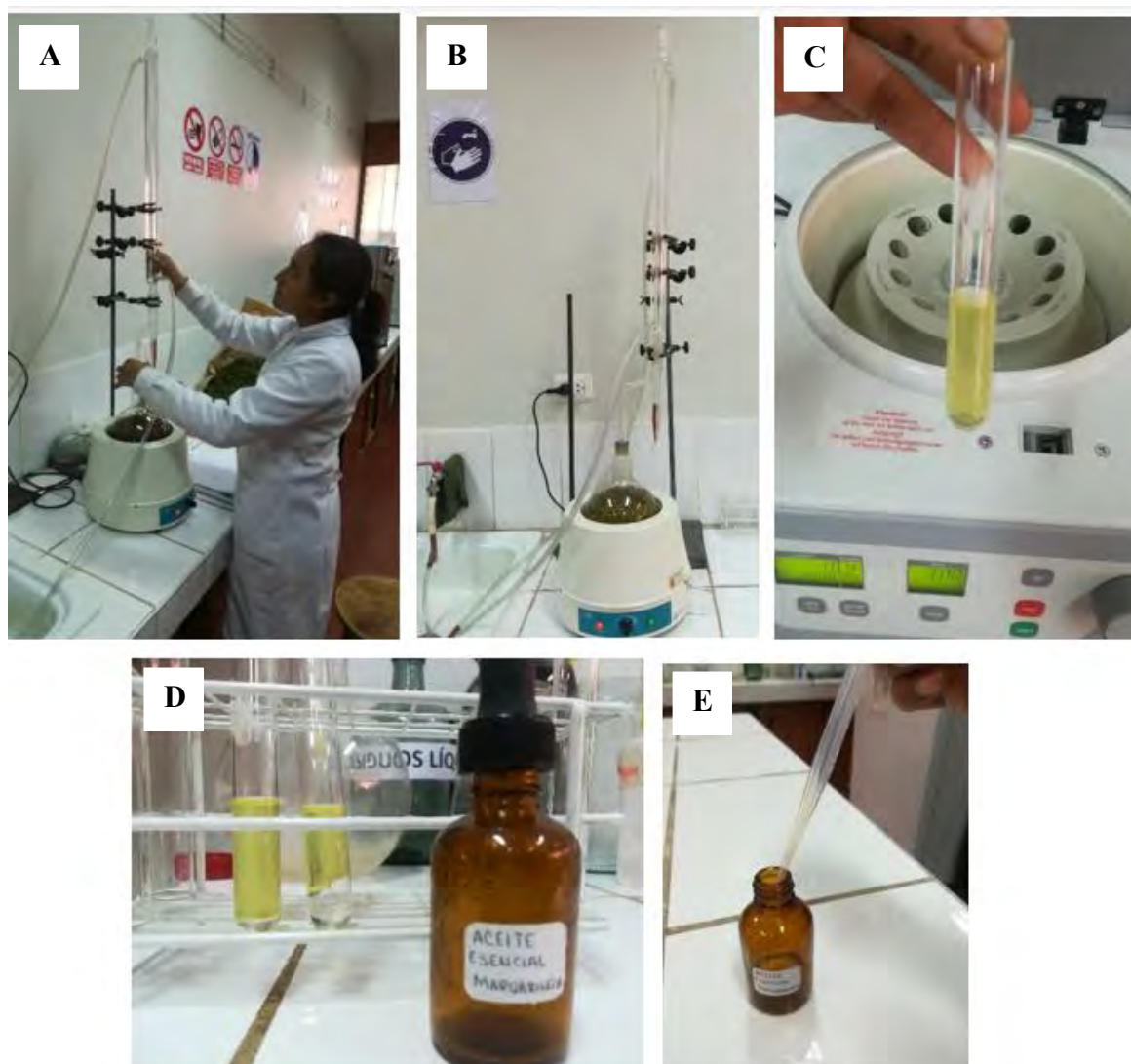
Se realizó la recolección de la muestra vegetal.

Anexo 3 Tratamiento de muestra



Se realizó la trituration y separación de la muestra.

Anexo 4 Obtención del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.



A: Armando el equipo de destilación con trampa de Clevenger.

B: Destilación de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob. .

C: Centrifugando el aceite esencial.

D: Separación del aceite esencial del agua.

E: Agregando sulfato de sodio anhidro.

Anexo 5 Caracterización fisicoquímica del aceite esencial



A: Preparando los reactivos a utilizar.

B: Determinación del índice de refracción del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

C: Determinación de la solubilidad del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

D: Determinación del índice de saponificación del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

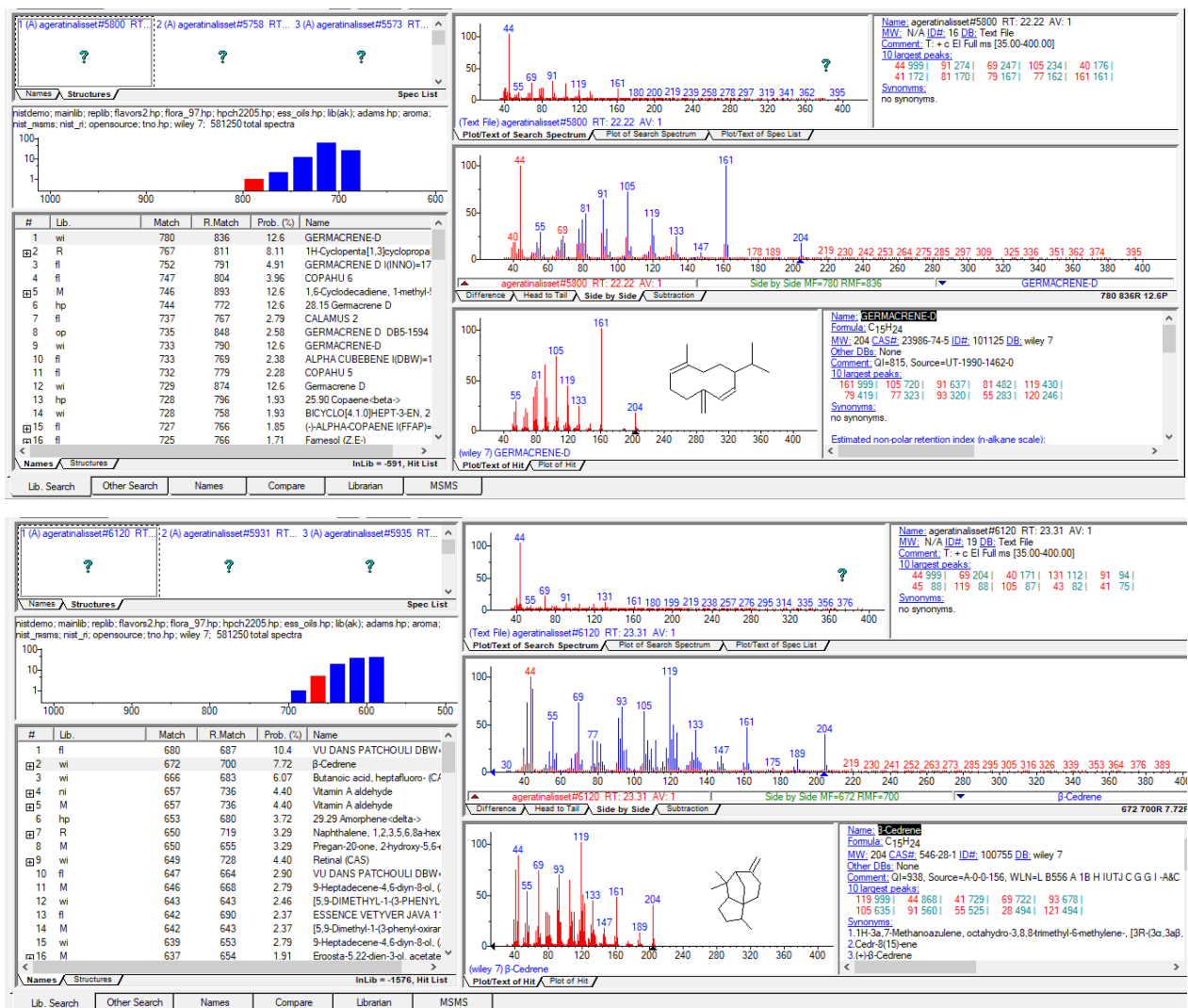
E: Determinación de la rotación óptica del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

F: Determinación del índice de acidez del aceite esencial de la *Ageratina cuzcoensis* (Hieron) R.M. King & H. Rob.

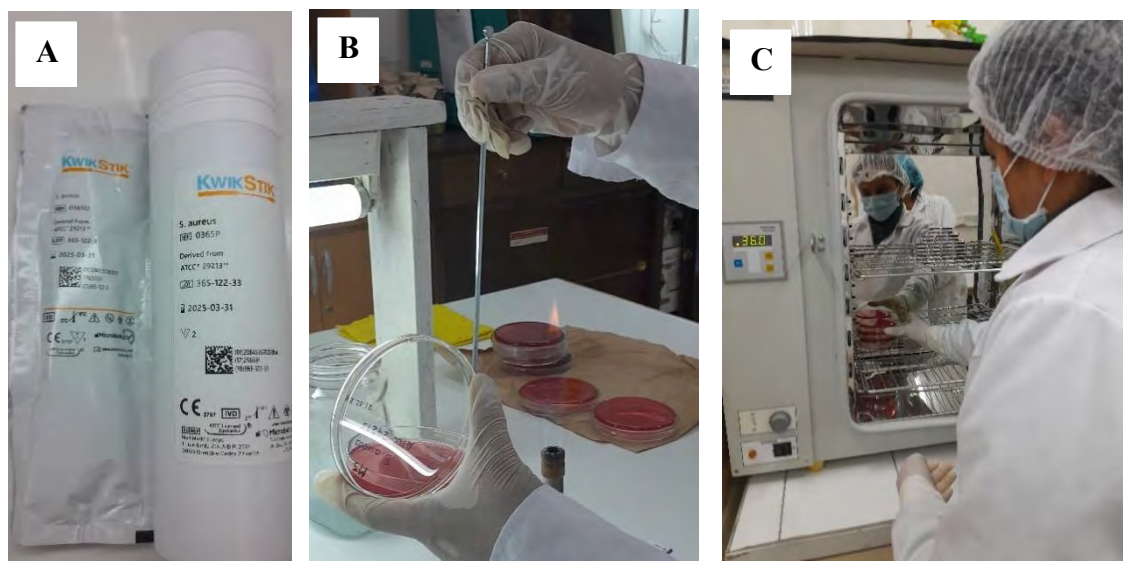
Anexo 6 Análisis cromatográfico



Anexo 7 Espectros de masa de compuestos identificados



Anexo 8 Activación de la cepa *Staphylococcus aureus* ATCC 25213.

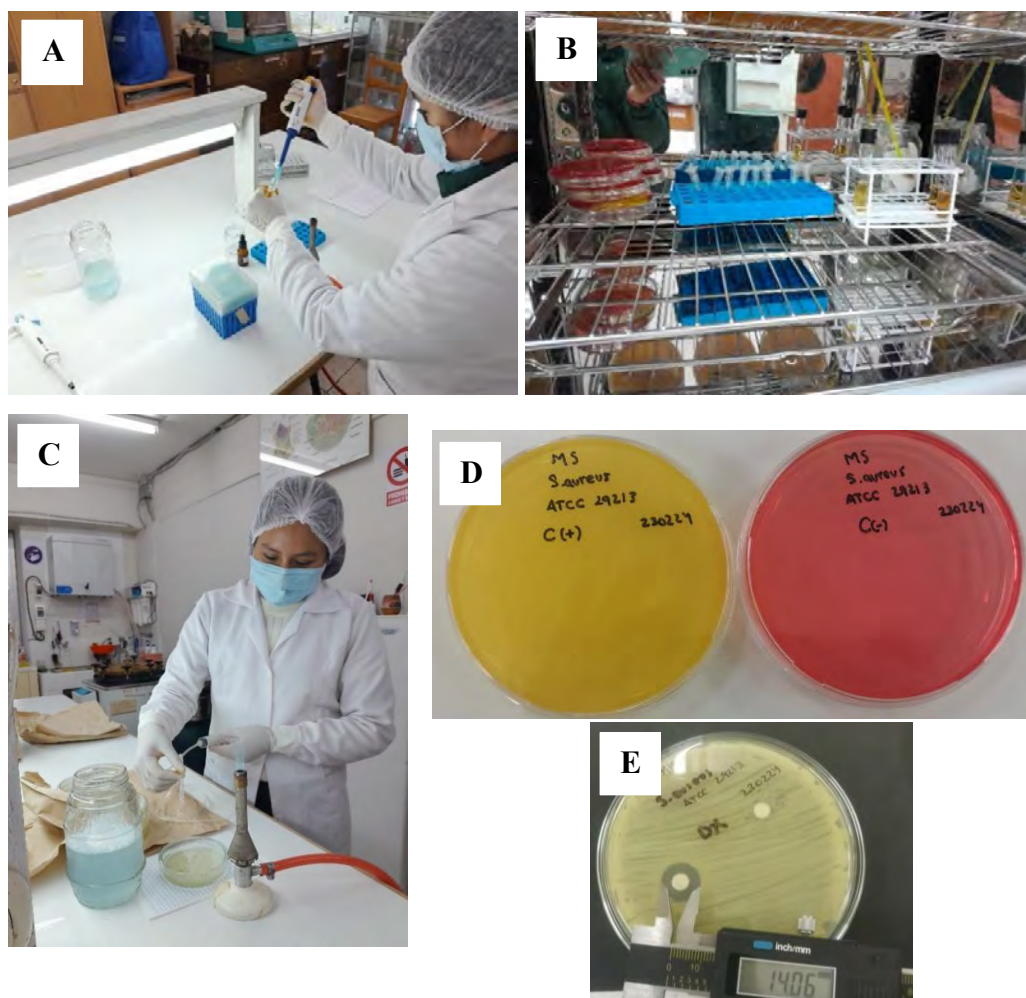


A: Cepa *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

B: Inoculación de la cepa *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 en el agar.

C: Incubación de la cepa en el agar.

Anexo 9 Análisis de actividad antibacteriana.



- A: Preparación de diluciones para la capacidad bactericida.
- B: Incubación de las soluciones inoculadas con la bacteria de *Staphylococcus aureus*.
- C: Preparación de placas con agar.
- D: Diferencia de agar en presencia y ausencia de la bacteria *Staphylococcus aureus*.
- E: Medición de los halos de inhibición del aceite esencial de *Ageratina cuzcoensis* (Hieron)
R.M. King & H. Rob.