



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agroindustria

Tema:

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS A PARTIR DE LAS HOJAS Y TALLO DE MATICO (*Salvia corrugata*) MEDIANTE EL MÉTODO DE FLUIDOS SUPER CRÍTICOS

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de AGROINDUSTRIAS

Autor(a)

Angamarca Sosa María del Carmen

Flores Suárez Dayanara de los Ángeles

Tutor(a):

Ing. Darwin Alberto Núñez Torres Mg.

Guaranda – Ecuador

2025

TEMA

“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS A
PARTIR DE LAS HOJAS Y TALLO DE MATICO (*Salvia corrugata*)
MEDIANTE EL MÉTODO DE FLUIDOS SUPER CRÍTICOS”

REVISADO Y APROBADO POR:



Ing. Darwin Alberto Núñez Torres MSc.

TUTOR



Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.

PAR LECTOR



Ing. Isidro Favian Bayas Morejón PhD.

PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, Angamarca Sosa Maria Del Carmen, con C.I. 0202273801, y Flores Suarez Dayanara de los Ángeles C.I.1805273917, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

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

Ing. Darwin Alberto Núñez Torres MSc.

e-mail: danunez@ueb.edu.ec



Angamarca Sosa Maria del Carmen

e-mail: marangamarca@mailes.ueb.edu.ec

Flores Suarez Dayanara de los Angeles

e-mail: dayflores@mailes.ueb.edu.ec

Se otorgó ante mi y en fe de ello
confero ésta Segunda copia
certificada, firmada y sellada en
Guaranda, 21 de Ago del 2025

Dr. Hernán Criollo Arcas
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTÓN GUARANDA



20250201002P01047


DECLARACION JURAMENTADA


OTORGAN: MARÍA DEL CARMEN ANGAMARCA SOSA y DAYANARA DE LOS ANGELES FLORES SUÁREZ
CUANTIA: INDETERMINADA
DI 2 COPIAS




En la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día **Jueves** veintiuno de agosto de dos mil veinticinco, ante mí DOCTOR HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS, NOTARIO SEGUNDO DE ESTE CANTÓN, comparecen las señoritas María Del Carmen Angamarca Sosa, domiciliada en el cantón San Miguel, provincia Bolívar, y de tránsito por este lugar, con celular número: cero nueve siete nueve cuatro tres seis ocho uno cinco, correo electrónico: angamarcmar@gmail.com; y, Dayanara De Los Angeles Flores Suárez, domiciliada en el cantón Ambato, provincia Tungurahua, y de tránsito por este lugar, con celular número: cero nueve seis tres uno dos cero cuatro seis seis, correo electrónico: dayflores@mail.es.ueb.edu.ec, por sus propios derechos. Las comparecientes son de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil solteras, a quienes de conocerlos doy fe en virtud de haberme exhibido sus cédulas de ciudadanía en base a las que procedo a obtener sus certificados electrónicos de datos de identidad ciudadana, del Registro Civil, mismos que agrego a esta escritura como documentos habilitantes; bien instruidas por mí el Notario en el objeto y resultados de esta escritura de Declaración Juramentada que a celebrarla proceden, libre y voluntariamente.- En efecto juramentado que fueron en legal forma previa las advertencias de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud, declaran lo siguiente: "Que previo a la obtención del Título de Ingenieras Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, de la carrera de Agroindustrias, manifestamos que los criterios e ideas emitidas en el presente Proyecto de investigación Titulado: **"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS A PARTIR DE LAS HOJAS Y TALLO DE MATICO (*Salvia Corrugata*) MEDIANTE EL MÉTODO DE FLUIDOS SUPER CRÍTICOS"**, es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autoras, además autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenece o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Es todo cuanto tenemos que decir en honor a la verdad". Hasta aquí la declaración juramentada que junto con los documentos anexos y habilitantes que se incorpora queda elevada a escritura pública con todo el valor legal, y que los comparecientes aceptan en todas y cada una de sus partes, para la celebración de la presente escritura se observaron los preceptos y requisitos previstos en la Ley Notarial; y, leída que les fue a las comparecientes por mí el Notario, se ratifican y firman conmigo en unidad de acto quedando incorporada en el Protocolo de esta Notaría, de todo cuanto DOY FE.


María Del Carmen Angamarca Sosa
C.C. 0202273801


Dayanara De Los Angeles Flores Suárez
C.C. 1805273917


DR. HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS
NOTARIO SEGUNDO DE CANTÓN GUARANDA

arreglado__Angeles_Maria_tesis_19_de_agosto-TURNITIN-...

 Share - Test Class

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::2945:303814303

108 Páginas

Fecha de entrega

19 ago 2025, 8:45 p.m. GMT-5

18.644 Palabras

Fecha de descarga

19 ago 2025, 8:49 p.m. GMT-5

105.509 Caracteres

Nombre de archivo

arreglado__Angeles_Maria_tesis_19_de_agosto-TURNITIN-05.docx

Tamaño de archivo

9.8 MB






11% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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 esta tesis, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, mi fuerza en cada paso del camino. Sin Su sabiduría y amor, nada de esto habría sido posible.

A mi madre, Martha Sosa, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor incondicional, por sus sacrificios y por enseñarme con su ejemplo a luchar por mis sueños a mis hermanos, Madelyn Sosa y Miguel Sosa, por ser mi apoyo constante, por su cariño y compañía en este camino.

A mi abuelita, Carmen Yolanda Vargas, por sus oraciones, su ternura y su fe en mí por ser mi refugio, mi guía silenciosa y el ejemplo de fortaleza inquebrantable. Tus oraciones, tus consejos y tu amor me acompañaron en cada paso de este camino.

A mí querido tío Cristian sosa, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Su cariño ha sido un pilar en mi vida y en este logro gracias por ser parte esencial de este sueño cumplido. Y a mis demás tíos Mariana Sosa, Jenny Sosa y Héctor Sosa, por su cercanía, sus palabras de aliento y el cariño que siempre me han brindado. A mis primos y a toda mi familia, por ser parte esencial de mi vida y por brindarme siempre una red de amor y apoyo mí amada gatita, compañera de cuatro patas, Kilye por, su amor y sobre todo por siempre acompañarme. Y finalmente, a la Universidad Estatal de Bolívar, donde crecí no solo como profesional, sino también como persona.

A todos, de corazón gracias.

María A

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico primero a Dios por ser mi fortaleza, por guiarme con sabiduría y no soltarme en los momentos difíciles A mamá Charito, quien desde el cielo me acompaña siempre, su recuerdo fue un impulso en cada paso que he dado A mamá Lucila, por su cariño, apoyo y cuidado que me ha dado. A mis padres Juan y Monica, por su amor incondicional, por creer en mí y por enseñarme a no rendirme fácilmente A mi hermano Kevin, por apoyarme moralmente, a mi tía Blanca, por sus palabras y abrazos siempre que salía o llegaba a casa y mis queridas primas por abrirme las puertas de su hogar y brindarme apoyo cuando más lo necesite A mi pareja David, por caminar junto a mí en este proceso también por su comprensión en los momentos difíciles y su apoyo constante A mi compañero fiel Blacky, por su compañía leal en este proyecto y su alegría diaria Este logro es de todos ustedes que me permitieron culminar esta meta en mi vida, gracias por ser parte de mi historia.

Dayanara F

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, expreso mi profundo agradecimiento a Dios, quien es la fuente de sabiduría, fuerza y amor incondicional. Agradezco por la vida que me has otorgado, por estar a mi lado en cada paso de este camino y por iluminar mi mente en los periodos más oscuros. Sin tu dirección, nada de esto habría sido factible. A mi querida familia, que ha sido mi impulso y apoyo constante en esta fase. A mi madre, Martha Sosa, por tu dedicación incansable, tu inquebrantable apoyo y tu fe en mí. A mis hermanos, Madelyn y Miguel Sosa, por ser mi apoyo constante y por compartir alegrías, desafíos y anhelos conmigo. A mi abuela, Carmen Yolanda Vargas, por su amor afectuoso, sus oraciones y su ejemplo de vida que me motiva a seguir adelante. A mis tíos, Cristian, Mariana, Jenny y Héctor Sosa, agradezco sus alentadoras palabras, su sinceridad y por estar a mi lado en este proceso de crecimiento. A mis amigos, quienes han estado conmigo en los momentos más difíciles y en los de mayor felicidad. Gracias por compartir risas, desvelos y aprendizajes, y por ser un pilar esencial en mi vida universitaria. Su presencia ha aligerado este recorrido. A mi mascota Kilye, mi leal compañera durante largas jornadas y noches de estudio. Tu dulzura, tu compañía tranquila y momentos de juego han sido un aliento y un recordatorio constante de que el amor se encuentra en los detalles más pequeños. A la Universidad Estatal de Bolívar, por darme la oportunidad de formarme como profesional. A cada profesor que me ha guiado en este trayecto, gracias por compartir su sabiduría, por su exigencia y dedicación, y por formar parte de mi camino académico. Y en particular, a mi tutor, Ing. Darwin Núñez, por su orientación, su paciencia y su valiosa ayuda durante esta investigación. Gracias por confiar en mi trabajo, por guiarme con responsabilidad y por ser una parte fundamental del éxito que celebro hoy. A todos aquellos que de alguna forma han contribuido en esta etapa, mi más sincero agradecimiento. Este logro es tanto mío como de ustedes.

María A

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por permitirme cumplir un logro más en mi vida, también a mi mamá Charito que desde el cielo ella me cuida y sé que estaría muy feliz por este día. A mamita Lucila que me apoyo mucho tanto moralmente como presencialmente. A mis padres Juan y Mónica, por su amor, trabajo y sacrificio, ha sido un orgullo y privilegio ser su hija, son los mejores padres. A mi hermano Kevin por su acompañamiento silencioso pero firme. A mi tía blanca por estar siempre presente y su apoyo moral. A David mi compañero de vida, gracias por tus palabras de aliento, por brindarme un abrazo cuando lo necesitaba, por creer en mí. A mi fiel compañero de cuatro patas Blacky que fue un pilar muy fundamental para culminar este proyecto de vida. A mis amigos por los momentos de compartidos de alegría y comprensión que ayudaron en el proceso. A la Universidad estatal de Bolívar, por permitirme llenarme de su conocimiento lo que hoy me permite alcanzar este logro. A sus docentes y personal, que aportaron con su sabiduría. Y un agradecimiento especial a mi docente tutor Darwin Núñez que fue clave para que este proyecto termine con éxito

Sin más que decir muchas gracias de corazón, este logro también es suyo.

Dayanara F

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
CAPÍTULO I.....	5
1.1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.2. PROBLEMA	7
1.3. OBJETIVOS.....	9
1.3.1. Objetivo General.....	9
1.3.2. Objetivos Específicos	9
1.4. HIPÓTESIS	10
1.4.1. Hipótesis (nula H0).....	10
1.4.2. Hipótesis alterna (HI).....	10
CAPÍTULO II.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Material experimental.....	11
2.2. Antioxidantes.....	13
2.3. Bacterias <i>Escherichia coli</i>	14
2.4. Antibiograma	15
2.5. Enfermedades	16
2.6. Propiedades y Usos Tradicionales del Matico.....	16
2.7. Principios Bioactivos y su Importancia.....	16
2.8. Métodos de Extracción de Principios Bioactivos	17
2.9. Caracterización de la materia prima	17
CAPÍTULO III	20
3. MARCO METODOLÓGICO.....	20
3.1. Ubicación de la investigación.....	20
3.1.1. Localización de la investigación.....	20

3.1.2.	Situación geográfica y edafoclimática	20
3.1.3.	Zona de vida. (Zonificación ecológica)	20
3.2.	Metodología.	21
3.2.1.	Factores en estudio	21
3.2.2.	Tratamientos.....	21
3.2.3.	Variables	23
3.2.4.	Tipo de diseño experimental o estadístico.	24
3.2.5.	Tipos de análisis.....	25
3.2.6.	Métodos de evaluación y datos a tomarse.....	26
3.2.7.	Manejo del experimento.....	27
3.3.	Métodos de la caracterización de la hoja matico	27
3.3.1.	Material vegetal.....	27
3.3.2.	Caracterización fisicoquímica de las hojas de matico.....	28
3.3.3.	Extracción de principios bioactivos mediante fluidos supercríticos ..	29
3.3.4.	Caracterización de los extractos obtenidos	30
3.3.5.	Determinación de la mejor presión de extracción.....	30
3.3.6.	Principios bioactivos presentes en las hojas y tallos de matico	31
CAPÍTULO IV		32
4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1.	Describir la materia prima de las hojas y tallo de matico (<i>Salvia corrugata</i>).....	32
4.2.	Determinación de las mejores presiones para la extracción de principios bioactivos mediante fluidos supercríticos.....	36
4.3.	Caracterización y cuantificación de los principios bioactivos obtenidos de las hojas y tallo de matico por GC-MS.....	41
4.3.1.	ABTS.....	52
4.3.2.	FLAVONOIDES	57
4.3.3.	POLIFENOLES	63
4.4.	Determinación de la actividad antimicrobiana.....	68
4.5.	Discusión.....	72
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1.	Conclusiones	75

5.2. Recomendaciones.....	76
6. BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pág.
Tabla 1	Principios Bioactivos Presentes en las Hojas y Tallos de Matico... Marcador no definido.	¡Error!
Tabla 2	Situación geográfica y edafoclimática	20
Tabla 3	Situación geográfica y edafoclimática	20
Tabla 4	Factores en estudio	21
Tabla 5	Tratamientos - Diseño Factorial 2 x 3.....	21
Tabla 6	Diseño factorial replica	22
Tabla 7	Análisis de la humedad # 1	32
Tabla 8	Análisis de las cenizas # 1.....	33
Tabla 9	Análisis del PH.....	34
Tabla 10	Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento (g)- Suma de Cuadrados Tipo III.....	37
Tabla 11	Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento (gr) por Factor A.....	38
Tabla 12	Extracto SFE 200, 300, 400 Bar Hoja.....	42
Tabla 13	Extracto SFE 200, 300, 400 Bar de Tallo de matico (Salvia corrugata)	47
Tabla 16	Absorbancia solución de trabajo ABTS	52
Tabla 17	Absorbancia $\lambda=734\text{nm}$	52
Tabla 18	Curva estándar de Trolox – Datos de concentración y absorbancia	53
Tabla 19	Resultados de capacidad antioxidante expresados en $\mu\text{mol ET/g}$ de muestra.....	56
Tabla 20	Absorbancia $\lambda=425\text{ nm}$	57
Tabla 21	Concentraciones de quercetina y las absorbancias promedio	58
Tabla 22	Flavonoides en tallo y hoja de matico.....	61
Tabla 23	Absorbancia $\lambda=750\text{ nm}$	63
Tabla 24	Concentración vs. absorbancia (ácido gálico).....	64
Tabla 25	Polifenoles en tallo y hoja de matico	67
Tabla 26	Resultados sensibilidad antimicrobiana	69

ÍNDICE DE GRAFICOS

N°	Detalle	Pág.
Ilustración 1.	Matico (Salvia corrugata)	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Detalle	Pág.
Gráfico 1	Gráfico de medias con intervalo de confianza (prueba LSD de Fisher)	39
Gráfico 2	Gráfico de interacciones.....	40
Gráfico 3	Extracto SFE 200 Bar de Hoja de matico (Salvia corrugata)	44
Gráfico 4	Extracto SFE 300 Bar de Hoja de matico (Salvia corrugata)	45
Gráfico 5	Extracto SFE 400 Bar de Hoja de matico (Salvia corrugata)	46
Gráfico 6	Extracto SFE 200 Bar de tallo de matico (Salvia corrugata)	49
Gráfico 7	Extracto SFE 300 Bar de tallo de matico (Salvia corrugata)	50
Gráfico 8	Extracto SFE 400 Bar de tallo de matico (Salvia corrugata)	51
Gráfico 9	Curva estándar de trolox	54
Gráfico 10	Curva estándar quercetina.....	59
Gráfico 11	Curva estándar de Ácido Gálico	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Detalle	Pág.
Fotografía 1.	Inhibición de E. coli por extracto de tallo de matico (método: difusión en pozo)	70
Fotografía 2.	Difusión en disco con extractos de matico frente a E. coli.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Detalle	Pág.
ANEXO 1	Resultados del laboratorio tanto de hojas y tallo de Salvia Corrugata	83
ANEXO 2	Selección de materia prima.....	83
ANEXO 3	Pesado de tallo de matico	94
ANEXO 4	Pesado hoja de matico	95
ANEXO 5	Secado hoja y tallo de matico	95
ANEXO 6	Tallo molido.....	96
ANEXO 7	Medición de pH en hoja y tallo de matico.....	96
ANEXO 8	Extracción de fluidos super críticos.....	97
ANEXO 9	Actividad antimicrobiana.....	97
ANEXO 10	Extracto obtenido de tallo y hoja de matico	98
ANEXO 11	Análisis de fenoles, flavonoides y polifenoles de tallo y hoja de matico	98
ANEXO 12	Análisis de cromatografía	98

Resumen

El propósito principal de la investigación tuvo como objetivo principal obtener principios bioactivos de las hojas y tallo de matico mediante el método de extracción con fluidos supercríticos. Dentro de los objetivos específicos fueron caracterizar la materia prima de hojas y tallo de matico obteniendo que el 76,89% corresponde a las hojas y el 83,49% al tallo lo que indica que ambas partes de la planta de matico tuvieron un alto contenido de agua y existe diferencia notoria entre ellas, para determinar las mejores presiones para la extracción de principios bioactivos mediante fluidos supercríticos se realizó mediante pruebas estadísticas como ANOVA y se obtuvo que el tipo de muestra (factor A) influyó significativamente en el rendimiento con un p-valor de 0,0070, afirmando con un 95% de confianza que existe diferencia estadística significativa en la cantidad de extracto entre las hojas y tallos, por el contrario el factor B (presión) tuvo un p-valor de 0,7733 indicando que las diferentes presiones (200, 300, 400 Bar) no generan cambios significativos en el rendimiento; se caracterizó y cuantificó los principios bioactivos obtenidos de las hojas y tallo de matico por GC-MS obteniendo que para el extracto SFE 200, 300, 400 Bar en hoja de matico los compuestos como 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- con 57,7 %, Drimenol con 45,14% y 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- con 54,06% fueron los compuestos mayoritarios en la hoja de matico indicando alto contenido de terpenoides y compuestos volátiles que son parte de las de los aceites esenciales; y en el tallo de extracto SFE 200, 300, 400 Bar se obtuvo 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- con 57,7%, Drimenol con 45,14% y 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- con 54,06% son compuestos volátiles que por su alta concentración influyen en las propiedades aromáticas, sensoriales y técnicas del extracto, finalmente los extractos de hoja como tallo de matico (*Salvia corrugata*) lograron inhibir el crecimiento de la bacteria *Escherichia coli*, pese a que la efectividad varía ligeramente en función del tipo de muestra, el método y la cantidad aplicada.

Palabras clave: Matico (*Salvia corrugata*), bioactivos, tallo, hoja, extracto, compuestos volátiles, *Escherichia coli*.

Abstract

The main purpose of the research was to obtain bioactive principles from matico leaves and stems using the supercritical fluid extraction method. Among the specific objectives was to characterize the raw material of matico leaves and stems, finding that 76.89% corresponded to the leaves and 83.49% to the stems, indicating that both parts of the matico plant had a high-water content and that there was a noticeable difference between them. To determine the best pressures for the extraction of bioactive principles using supercritical fluids, statistical tests such as ANOVA were performed, and it was found that the type of sample (factor A) significantly influenced the yield with a p-value of 0.0070, confirming with 95% confidence that there is a statistically significant difference in the amount of extract between the leaves and stems. on the contrary, factor B (pressure) had a p-value of 0.7733, indicating that the different pressures (200, 300, 400 Bar) do not generate significant changes in yield; the bioactive principles obtained from the leaves and stem of matico were characterized and quantified by GC-MS, obtaining that for the SFE extract 200, 300, 400 Bar in matico leaves, compounds such as 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- with 57.7%, Drimenol with 45.14%, and 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- with 54.06% were the major compounds in matico leaves, indicating a high content of terpenoids and volatile compounds that are part of essential oils; and in the stem of SFE extract 200, 300, 400 Bar, 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-with 57.7%, Drimenol with 45.14% and 2,4-Heptadiene, 2,6 -dimethyl- with 54.06% are volatile compounds that, due to their high concentration, influence the aromatic, sensory, and technical properties of the extract. Finally, the leaf extracts, such as matico stem (*Salvia corrugata*), were able to inhibit the growth of *Escherichia coli* bacteria, although the effectiveness varies slightly depending on the type of sample, the method, and the amount applied.

Keywords: Matico (*Salvia corrugata*), bioactive compounds, stem, leaf, extract, volatile compounds, *Escherichia coli*.

Kichua

Chay investigacionpa hatun munayninqa karqan maticopa raphinkunamanta, saphinmanta ima principios bioactivos nisqakuna hurquymi, chaypaqmi chay método de extracción de líquidos supercríticos nisqawan. Chay objetivos específicos nisqa ukupim karqa caracterizanapaq materia prima nisqa raphikunapa hinaspa tallo de matico nisqawan chaywan chay 76,89% chay raphikunawan tupasqanmanta chaymanta 83,49% chay tallo nisqawan chaymi qawachin iskaynin partes de la planta matico nisqa hatun yakuyuq kasqankuta chaynallataqmi kan huk diferencia notable paykunapura, chaynapi determinanapaq aswan allin presiones nisqakuna extracción de principios bioactivos nisqapaq fluidos supercríticos nisqawan chaymi ruwakurqa prueba estadística nisqawan hina ANOVA hinallataqmi tarikurqa chay tipo de muestra (factor A) anchata influirqa rendimientopi 0,0070 p-valorwan, chaymi 95% confianzawan nirqa raphikunawan saphikunawan extractopa cantidadninpi diferencia estadística significativa kasqanmanta, contrario factor B (presión) 0,7733 p-valorniyuq kasqanmanta qawachispan chay diferente presiones (200, 300, 200, 300, 400 Bar) nisqakunaqa manam hatun tikraykunatachu ruruchiypi paqarichimunku; Chay principios bioactivos nisqakuna maticopa raphinkunamanta, saphinmanta ima tarisqa, GC-MS nisqawanmi caracterizasqa hinaspa cuantificasqa, chaymantam tarikurqa chay SFE 200, 300, 400 Bar extracto matico raphipi chay compuestos nisqakuna 2,4-Heptadieno, 2,6-dimetil- 57,7%, Drimenol 45,14% hinaspa 2,4-Heptadieno, . 2,6-dimetil- 54,06% kaqwanqa aswan achka compuestos nisqakunam karqaku matico raphipi chaymi qawachin hatun contenido de terpenoides nisqa kasqanmanta chaynallataq compuestos volátiles nisqakuna chay aceites esenciales nisqamanta; hinallataqmi chay extracto de tallo nisqapi SFE 200, 300, 400 Bar nisqa tarikurqa 2,4-Heptadieno, 2,6-dimetil- 57,7% nisqawan, Drimenol 45,14% nisqawan chaymanta 2,4-Heptadieno, 2,6-dimetil- nisqawan 54,06% nisqawanmi compuestos volátiles nisqakuna kanku, chaykunam hatun concentracionninkurayku influyen chay aromático, sensorial hinaspa propiedades técnicas nisqa chay extracto nisqamanta, tukukuypiqa raphimanta hurqusqakuna matico (*Salvia corrugata*) nisqapa saphin hina harkayta atirqaku chay bacteria *Escherichia coli* nisqapa

wiñayninta, ichaqa chay efectividad nisqa pisillata hukniraymi ima clase muestra nisqamanta, método nisqamanta hinaspa hayka churasqamanta.

Sapaq simikuna: Matico (Salvia corrugata), bioactivos, saphi, raphi, extracto, compuestos volátiles, Escherichia coli.

CAPÍTULO I

1.1.INTRODUCCIÓN

El matico (*Salvia corrugata*), una planta originaria de Suramérica, ha sido muy utilizada en la medicina tradicional por sus características antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes (Grefa, 2021). Los flavonoides, los taninos y los aceites esenciales son compuestos bioactivos que se encuentran en las hojas de esta planta, que han despertado interés en la investigación científica por su potencial terapéutico (Salambay, 2023). Sin embargo, la extracción eficiente de estos principios activos sigue siendo un desafío técnico y científico.

A pesar de los progresos en la caracterización de los compuestos bioactivos del matico, las prácticas clásicas de extracción, como son la destilación y la maceración, tienen restricciones en cuanto a eficiencia, sostenibilidad medioambiental y selectividad (Álvarez, 2021). Además, existe una falta de estudios que exploren el uso de tecnologías avanzadas, como los fluidos supercríticos, para la obtención de estos compuestos. Este vacío de conocimiento limita el desarrollo de aplicaciones farmacéuticas y cosméticas basadas en los principios activos del matico.

La obtención de compuestos utilizando fluidos en estado supercrítico, especialmente el dióxido de carbono (CO₂), se manifiesta como una opción eficaz y respetuosa con el medio ambiente en comparación con los métodos tradicionales. Esta técnica permite obtener extractos de alta pureza sin el uso de solventes tóxicos, lo que la hace especialmente relevante en la industria farmacéutica y alimentaria (Escuela, 2017). Asimismo, el estudio acerca del matico favorece el uso de recursos naturales autóctonos y la creación de productos novedosos con un valor añadido.

Se logró determinar la eficacia de los extractos contra cepas bacterianas seleccionadas por medio de ensayos de difusión en columnas. Este análisis permitirá establecer el potencial de los compuestos bioactivos como agentes antimicrobianos (Creative Commons Attribution, 2024).

La estructura de este trabajo es: en primer lugar, se presenta un análisis bibliográfico de las propiedades bioactivas del matico y los métodos de extracción utilizados anteriormente. En segundo lugar, se explica el método experimental, que incluye tanto las condiciones de extracción como los análisis efectuados. En tercer lugar, se muestran los resultados adquiridos y posteriormente se examina su relevancia y se contrastan con estudios anteriores. Las conclusiones y las posibles aplicaciones de los extractos obtenidos son presentadas.

Este estudio persigue no solamente cubrir un vacío en la literatura científica acerca del matico, sino además fomentar que en la extracción de compuestos bioactivos se utilicen tecnologías limpias y sostenibles. Los hallazgos conseguidos podrían tener un impacto importante en la valoración de los recursos naturales infrautilizados en América Latina, además del desarrollo de productos cosméticos y farmacéuticos.

La investigación de los principios bioactivos del matico a través de técnicas sustentables, como la extracción con fluidos supercríticos, no solamente beneficia el saber científico, sino que también fomenta el desarrollo de tecnologías limpias y la utilización de recursos naturales locales. Además, esta investigación tiene el potencial de generar productos innovadores con alto valor agregado, apoyando a las comunidades locales que dependen de la utilización tradicional de esta planta, así como a la industria.

1.2.PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema

La investigación en plantas medicinales ha sido fomentada por el interés en aumento por los compuestos bioactivos naturales, gracias a su capacidad terapéutica y a las aplicaciones que tienen en la industria cosmética, farmacéutica y alimentaria (Herrero et al., 2010). Entre estas plantas, el matico (*Salvia corrugata*) se distingue por sus cualidades medicinales, que se han empleado tradicionalmente para tratar infecciones, inflamaciones y trastornos digestivos. Sin embargo, a pesar de su uso ancestral, existe una limitada caracterización científica de los principios bioactivos presentes en sus hojas y tallos, lo que dificulta su aprovechamiento óptimo y su incorporación en productos de alto valor agregado (Bernal, 2006).

Por otra parte, la maceración y la extracción con solventes, que son técnicas tradicionales para obtener compuestos bioactivos, tienen inconvenientes relevantes, como el uso de disolventes tóxicos, escasas eficiencias de extracción y la descomposición de los compuestos que son sensibles al calor (Tasambay, 2018). En este contexto, el método de fluidos supercríticos surge como una alternativa innovadora y sostenible, ya que permite la extracción selectiva de compuestos bioactivos bajo condiciones controladas de temperatura y presión, reduciendo el impacto en el medioambiente y manteniendo la calidad de los compuestos extraídos (Marquez, 2024).

Debido a que las comunidades indígenas y rurales utilizan tradicionalmente una amplia variedad de plantas medicinales, se considera a Ecuador como una de las naciones con mayor biodiversidad del planeta. Entre estas, el matico (*Salvia corrugata*) es notorio por sus cualidades terapéuticas, que se utilizan para tratar infecciones, heridas, trastornos digestivos y respiratorios. Sin embargo, a pesar de su uso ancestral, existe una limitada investigación científica sobre los principios bioactivos presentes en sus hojas y tallos, lo que restringe su aprovechamiento en aplicaciones farmacéuticas, cosméticas y alimentarias (Coronel, 2020).

En regiones como Guaranda, donde el matico crece de manera silvestre, las comunidades locales han preservado conocimientos tradicionales sobre su uso medicinal. No obstante, la falta de estudios que caractericen y validen científicamente sus compuestos bioactivos limita su potencial para ser incorporado en productos de alto valor agregado. Además, los métodos convencionales de extracción, como la maceración o el uso de solventes, presentan desventajas significativas, como el uso de químicos tóxicos, baja eficiencia y degradación de compuestos sensibles (Chandana et al., 2025).

El método de fluidos supercríticos es una alternativa novedosa y sostenible para la extracción de compuestos bioactivos, ya que permite obtener extractos con alta pureza bajo condiciones controladas de presión y temperatura, lo cual reduce el impacto ambiental. Sin embargo, en Ecuador, la aplicación de esta tecnología en plantas medicinales como el matico es aún incipiente, y no se han explorado a profundidad las diferencias en la composición de los principios bioactivos extraídos de las hojas y los tallos bajo diferentes condiciones de presión (Taïpe et al., 2023).

A pesar de las ventajas del método de fluidos supercríticos, existe una brecha en el conocimiento sobre su aplicación específica en el matico, particularmente en la comparación de los principios bioactivos extraídos de las hojas y los tallos bajo diferentes condiciones de presión. Esto plantea preguntas clave: ¿En qué se diferencian la concentración y composición de los compuestos bioactivos que se extraen de las hojas y los tallos del matico? ¿Cuál es el efecto de las condiciones de presión en la calidad de los compuestos obtenidos y cuán efectivo es el proceso de extracción?

Por lo tanto, es necesario desarrollar un estudio que permita la obtención y caracterización de los principios bioactivos presentes en las hojas y tallos de matico mediante el método de fluidos supercríticos, evaluando el efecto de diferentes presiones de extracción. Además de aportar al saber científico acerca del matico, este trabajo suministrará datos útiles para su utilización en aplicaciones industriales, fomentando el progreso de productos novedosos y procesos sustentables.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Obtener principios bioactivos de las hojas y tallo de matico mediante el método de extracción con fluidos supercríticos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima de hojas y tallo de matico.
- Determinar las mejores presiones para la extracción de principios bioactivos mediante fluidos supercríticos.
- Caracterizar y cuantificar los principios bioactivos obtenidos de las hojas y tallo de matico por GC-MS.
- Determinar la actividad antimicrobiana.

1.4.HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis (nula H_0)

- Las diferentes presiones utilizadas en el método de extracción con fluidos supercríticos **no afectan significativamente** el rendimiento en la obtención de principios bioactivos de las hojas y tallos de matico.

1.4.2. Hipótesis alterna (H_1)

- Las diferentes presiones utilizadas en el método de extracción con fluidos supercríticos **afectan significativamente** el rendimiento en la obtención de principios bioactivos de las hojas y tallos de matico.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Material experimental

2.1.1. Hojas y tallo de matico

- **Planta de estudio:** La planta seleccionada para la investigación es el matico (*Salvia corrugata*), famosa por sus propiedades terapéuticas y por su contenido de compuestos bioactivos, incluyendo aceites esenciales, flavonoides y taninos.

Figura 1
Matico (Salvia corrugata)



Nota. Tomado por autoras

- **Lugar de recolección:** Las muestras de matico serán recolectadas en el sector Laguacoto II, parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, en Guaranda. Este lugar fue seleccionado debido a sus condiciones climáticas y ecológicas favorables para el crecimiento de la planta.
- **Condiciones climáticas:** La recolección se realizará en días con condiciones climáticas estables, evitando periodos de lluvia para garantizar la calidad de las muestras. La temperatura promedio de 16 °C y la altitud de 2,668 m s.n.m. son factores clave para la selección del área de estudio.
- **Preparación del material:** Las hojas y tallos de matico serán recolectados manualmente, asegurando que las muestras estén libres de contaminantes externos. Después, las muestras se lavarán con agua destilada, se secarán a temperatura ambiente en un sitio sombreado y ventilado, y luego serán

molidas para su análisis posterior. Este procedimiento asegura que los compuestos bioactivos de la planta se mantengan.

Las plantas medicinales se han empleado durante siglos en diferentes culturas con el fin de curar enfermedades y mejorar la salud. Su estudio ha adquirido importancia hoy en día por la demanda creciente de productos naturales en el sector farmacéutico, cosmético y alimentario (González et al., 2018). La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que, para cubrir sus requerimientos de atención primaria en salud, más del 80 % de los habitantes del planeta se apoyan en las plantas medicinales (OMS, 2021). En este contexto, el matico (*Salvia corrugata*) se distingue como una planta con un gran potencial terapéutico por su contenido de compuestos bioactivos.

La parte más utilizada con fines médicos es la hoja del matico. Estudios fitoquímicos han demostrado que estas hojas contienen compuestos como flavonoides, entre ellos la quercetina y la luteolina, así como taninos, saponinas, terpenos, aceites esenciales y ácidos fenólicos, destacando entre ellos el ácido rosmarínico. Estas sustancias otorgan a la planta propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, antioxidantes, cicatrizantes y analgésicas (Rubio, 2023). Las hojas son empleadas en la medicina tradicional para abordar contagios en las vías respiratorias, problemas intestinales e inflamaciones en la boca; se pueden usar en forma de infusiones, extractos o cataplasmas. Su composición fitoquímica la convierte en un tema de interés para el desarrollo de productos farmacéuticos y cosméticos naturales (Herrera, 2022).

El tallo de la *Salvia corrugata*, a pesar de que ha sido objeto de menos investigaciones en comparación con las hojas, puede ser una fuente prometedora de sustancias bioactivas. Su estructura leñosa contiene lignanos, alcaloides, triterpenos, esteroides y otros compuestos fenólicos que podrían demostrar una actividad biológica significativa. Algunos estudios han sugerido que los tallos también tienen propiedades antioxidantes y efectos antiinflamatorios y antimicrobianos, lo que implica su posible utilización en la creación de medicamentos a base de plantas o en el sector de alimentos funcionales. Los tallos

también poseen la capacidad de proporcionar compuestos estructurales que pueden ser empleados en aplicaciones tecnológicas, como por ejemplo en sistemas de liberación controlada o como insumo para crear bioproductos.

Aunque esta planta tiene un gran potencial, el tallo y las hojas no se utilizan mucho con métodos modernos de extracción. Por ende, métodos como la extracción con fluidos supercríticos son una alternativa eficaz y respetuosa con el medioambiente, ya que permiten que se obtengan compuestos activos puros y sin residuos dañinos. Estudiar los compuestos en ambas partes de la planta mediante estas tecnologías no solo promueve la innovación científica, sino que también respalda el uso sostenible de los recursos vegetales en la región andina.

2.2. Antioxidantes

Se designa como antioxidante a una molécula que tiene la estabilidad requerida para donar un electrón a un radical libre y de este modo neutralizarlo. Una molécula que tiene la estabilidad requerida para donar un electrón a un radical libre y de esta manera contrarrestarlo se denomina antioxidante. (Serra Bisbal et al., 2020).

Los antioxidantes son compuestos, sean naturales o sintéticos, que pueden disminuir o aumentar el daño causado por la oxidación al equilibrar los radicales libres en biomoléculas sometidas a este tipo de estrés. La industria de cosméticos, alimentos y fármacos ha decidido reemplazar los componentes químicos con elementos naturales, utilizando sobre todo compuestos derivados de las plantas (Abril Ibarra, 2021).

Antioxidantes preventivos: Moléculas que cumplen con la función de capturar a los iniciadores del proceso de oxidación, por ejemplo, el hierro y el cobre, que propician la formación de ERO. Un caso de esto son las glicoproteínas, que se ligan al hierro y lo trasladan mediante la lactoferrina y la transferrina a lo largo del flujo sanguíneo. Después, el hierro es almacenado en las células gracias a la ferritina. La ceruloplasmina, además, captura iones de Cu^+ , lo

que evita la creación de radicales libres a partir de peróxidos. La proteína en la que se une el Cu^+ que no está conectado con la ceruloplasmina es la albúmina, y ocurre en el plasma. Sin embargo, esta última no impide que reaccione con H_2O_2 y produzca el radical hidroxilo (Sánchez & Méndez, 2013).

Antioxidantes secuestradores de ERO. Antioxidantes secuestradores de ERO:

El procedimiento de reacción y dispersión que lleva a la creación de radicales libres se complica. El ácido úrico, que es un residuo del metabolismo de las purinas, puede retener los iones de Fe^+ y Cu^+ , además de los radicales alcoxilo y peroxilo. La bilirrubina, que surge como subproducto del metabolismo del grupo hemo (un grupo prostético que contiene Fe^+ y tiene la capacidad de unirse a átomos de O_2), presenta características antioxidantes que evitan la peroxidación de lípidos en los sistemas celulares (Sánchez & Méndez, 2013).

Antioxidantes nutricionales: Los mecanismos de defensa antioxidante deben trabajar juntos para establecer un sistema unido que proteja a la célula de los efectos de la oxidación. Los antioxidantes y los microelementos, que se encuentran en este grupo, se adquieren principalmente a través de la alimentación; esto es crucial para producir enzimas antioxidantes. Siguiendo esta línea, algunos elementos metálicos (Cu , Zn , Se , Mn y Fe) funcionan como cofactores o componentes de las enzimas AOX. De igual manera, las vitaminas (ácido fólico, β -caroteno, α -tocoferol y ácido ascórbico) tienen la función de atrapar ERO (Sánchez & Méndez, 2013).

2.3. Bacterias *Escherichia coli*

Según Quiñonez et al. (2020) mencionan que la bacteria gram negativa *Escherichia coli* (*E. coli*) se encuentra normalmente como un comensal en los intestinos de seres humanos y otros mamíferos. La mayoría de las cepas de *E. coli* no son patógenas, pero ciertas cepas tienen la habilidad de provocar infecciones en los intestinos y otros órganos a través del uso de factores virulentos, lo que puede hacer que estas infecciones se tornen graves.

Con relación a las infecciones urinarias, son las que presentan mayor prevalencia, ya que pueden comprometer el aparato urinario a varios niveles, incluyendo algunas estructuras intermedias. También, algunas cepas que causen ciertas formas de diarrea pueden variar mucho, desde ser acuosas hasta ser sanguinolentas. Por ejemplo, algunas cepas enterohemorrágicas, como O157:H7, son capaces de producir toxinas Shiga, las cuales pueden provocar diarrea sanguinolenta y hasta complicaciones severas como el síndrome urémico hemolítico. También hay toxigénicas, enteropatógenas, enteroagregativas y enteroadhesivas que causan diarrea, menos en niños, en viajeros y en personas con deficiencia en el sistema inmunológico (Quiñonez et al., 2020).

Estas bacterias pueden causar infecciones en numerosas áreas, como en heridas quirúrgicas, el torrente sanguíneo, infecciones respiratorias, meningitis, peritonitis y pielonefritis, entre otras. Para la salud pública, las infecciones generadas por *E. coli* en hospitales, particularmente las producidas por cepas multirresistentes, son un problema importante a causa de los elevados costos de atención médica, así como de la morbilidad y mortalidad que conllevan (Seaone & Arriba, 2019).

Las infecciones de poca gravedad y las patologías más severas que pueden resultar fatales impactan a individuos de todas las edades, incluyendo a los niños pequeños, a los mayores y a aquellos que tienen un sistema inmunológico comprometido. Sin embargo, las diferentes cepas e infecciones variarán. Además, la resistencia antibacterial de algunas cepas infecciosas y la gestión de heridas múltiples complejas y mortalmente contagiosas amplifican su gravedad clínica, así como la mortalidad asociada (Seaone & Arriba, 2019).

2.4. Antibiograma

El antibiograma es un estudio microbiológico que se lleva a cabo para evaluar la sensibilidad de las bacterias o los hongos a uno o más antimicrobianos. En lo que respecta a la microbiología clínica, se refiere a un microorganismo que ya ha sido

identificado en medios de cultivo y que se considera el agente causal de la enfermedad que padece el paciente (Martínez & Porras, 2021).

2.5. Enfermedades

Infecciones causadas por *Escherichia coli* (*E. coli*), en particular por sus cepas productoras de toxina Shiga (STEC), suelen manifestarse por síntomas gastrointestinales tales como diarrea de rango moderado o en su forma más brutal de manera compleja y multicompartimental. Las enfermedades principales son: diarrea, cólicos abdominales fuertes, síndrome urémico hemólítico (SUH), náuseas y vómito (Navarro et al., 2017).

2.6. Propiedades y Usos Tradicionales del Matico

El matico (*Salvia corrugata*) es una planta originaria de América del Sur, famosa por sus características curativas. Se ha utilizado en la medicina tradicional para combatir inflamaciones, bacterias y antioxidantes, así como para sanar heridas (Lagos, 2020). Estas propiedades son causadas por la presencia de flavonoides, metabolitos secundarios, aceites esenciales y taninos. Según Peralvo (2021), la comunidad científica se ha interesado en estudiar y aplicar estos compuestos en la industria de los cosméticos y farmacéutica debido a su alto potencial terapéutico.

2.7. Principios Bioactivos y su Importancia

Los principios bioactivos son compuestos químicos presentes en las plantas que generan efectos biológicos en los organismos vivos. Los flavonoides y taninos, en relación con el matico, se caracterizan por su capacidad antioxidante. Por otro lado, los aceites esenciales tienen características antiinflamatorias y antimicrobianas (Zevallos et al., 2022). La identificación y caracterización de estos compuestos son esenciales para comprender su mecanismo de acción y desarrollar productos basados en ellos. Las ventajas de este método incluyen:

- Alta selectividad para compuestos específicos.
- Ausencia de residuos tóxicos en los extractos.
- Condiciones suaves de extracción que preservan la integridad de los compuestos bioactivos.

2.8.Métodos de Extracción de Principios Bioactivos

Método de extracción: La extracción con fluidos supercríticos (SFE) es la técnica utilizada para obtener principios bioactivos, y el fluido supercrítico que se utiliza en este proceso es el dióxido de carbono (CO₂). Este método es perfecto para obtener compuestos bioactivos con una calidad y pureza elevadas, pues no necesita el uso de disolventes tóxicos y posibilita que la extracción sea selectiva.

1. Principio del método:

- El CO₂ experimenta temperaturas y presiones más altas que su punto crítico (31.1 °C y 73.8 bares), obteniendo características intermedias entre las de un gas y las de un líquido. Esto posibilita la extracción y disolución de compuestos bioactivos de forma eficaz (Santamaria, 2021)

2. Ventajas del método:

- Alta selectividad para compuestos específicos.
- Proceso que respeta el medioambiente.
- Preserva la integridad de los compuestos bioactivos sensibles al calor.

2.9.Caracterización de la materia prima

2.9.1. Caracterización física

Según Diaz, (2020), determinar las propiedades físicas de la materia prima facilita la identificación de atributos que impactan en la calidad del extracto final. Además,

estos elementos permiten definir estándares de control y garantizar la consistencia del producto. A continuación, se presenta la caracterización física:

- **Color y apariencia externa:** Se realiza un análisis visual de la materia prima, considerando su color particular, brillo o aspecto opaco, uniformidad y presencia de impurezas a simple vista.
- **Tamaño de partícula:** La dimensión media de las partículas se evalúa después del proceso de molienda o trituración, dado que esto afecta la eficacia del procedimiento de extracción.
- **Textura:** Mediante la observación y el tacto se analiza la textura, clasificándola como fibrosa, granulada, pulverulenta, entre otras.
- **Olor:** Se anota la fuerza y el tipo de olor (fresco, herbal, terroso, rancio, etc.), pues un aroma alterado puede señalar procesos de fermentación, oxidación o contaminación microbiana.
- **Peso específico o masa volumétrica aparente:** Este aspecto posibilita calcular la masa de la materia prima por cada unidad de volumen, ya sea que esté seca o húmeda. Esto es beneficioso para el diseño del proceso y para determinar el rendimiento por lote.

2.9.2. Análisis Fisicoquímico Normas Inen

- **Apariencia Visual:** Describir el color, la viscosidad y el aspecto general de los extractos. (incrementar información) imágenes (Suarez, 2022).
- **pH:** Medir el pH de los extractos para establecer su acidez o alcalinidad, lo que puede afectar la estabilidad y actividad de los compuestos bioactivos. (Aumentar información) (Agudelo, 2023)
- **Humedad:** Evalúa el porcentaje de agua en los extractos, puesto que un alto nivel de humedad puede facilitar el desarrollo de microorganismos y disminuir la duración del producto (Paredes, 2021).
- **Cenizas:** Establece la cantidad total de cenizas como un indicador del contenido mineral del extracto. Este examen ofrece datos sobre los residuos inorgánicos que quedan después de quemar la muestra (Cruz, 2024).

2.9.3. Composición Química del extracto

- **Identificación de Compuestos:** Emplear GC-MS para determinar los compuestos que hay en los extractos. Se debe prestar especial atención a:
 - **Polifenoles:** Determinar los tipos de polifenoles presentes (flavonoides, ácidos fenólicos, etc.) (Cárdenas, 2023).
 - **Antioxidantes:** Identificar compuestos con capacidad antioxidante, como tocoferoles, carotenoides y compuestos fenólicos, que contrarrestan los radicales libres y evitan la oxidación de las células (Ramírez, 2021).
 - **Flavonoides:** Examinar la existencia de flavonoides, que son una categoría significativa de polifenoles que abarca compuestos como la quercetina, el kaempferol, las catequinas, la naringenina y otros compuestos poseen una destacada habilidad para funcionar como antioxidantes y podrían tener un impacto positivo en el sistema inmunológico, las células y la salud cardíaca. La cantidad y el tipo de flavonoides pueden cambiar dependiendo del método de extracción, la naturaleza de los materiales utilizados y las condiciones en que se procesen (Fiallos, 2024).
- **Cuantificación de Compuestos:** Cuantificar los compuestos bioactivos, mostrando los resultados en mg por gramo de extracto o en otras unidades pertinentes. Esto permitirá comparar diferentes extracciones y optimizar el proceso (Gonzales, 2022).

2.9.4. Análisis de Actividad Biológica

- **Actividad Antimicrobiana:** Mediante ensayos como el de difusión en agar o dilución en caldo, que posibilitan averiguar la concentración mínima inhibitoria, se evaluará la capacidad de los extractos para suprimir el desarrollo de microorganismos patógenos (CMI) (Herrera, 2023).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación.

3.1.1. Localización de la investigación

Una ciudad ecuatoriana es Guaranda, que también se llama San Pedro de Guaranda. La ciudad más grande y con mayor número de habitantes de la provincia de Bolívar es también su capital.

3.1.2. Situación geográfica y edafoclimática

Tabla 1

Situación geográfica y edafoclimática

Ubicación	Localidad
Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

Nota. Elaborado por las autoras

3.1.3. Zona de vida. (Zonificación ecológica)

Tabla 2

Situación geográfica y edafoclimática

Elevación: **2,668 m**

Población: **30,755 (2022)**

Alcalde: **Inti Yumbay**

Clima: **16 °C**

Código postal: **EC020150**

Coordenadas: **1°36'20"S 79°00'11"O / -1.60555555555556, -79.003055555556**

Nota. Elaborado por las autoras

3.2. Metodología.

3.2.1. Factores en estudio

Tabla 3

Factores en estudio

Factores	Código	Nivel
Tipo de Material Vegetal	A	a1: Hojas de Matico
		a2: Tallo
Presión	B	b1: 200 bares
		b2: 300 bares
		b3: 400 bares

Nota. Elaborado por las autoras

3.2.2. Tratamientos

El diseño factorial es un método estadístico que permite examinar en una sola prueba la manera en que dos o más variables independientes impactan a una variable dependiente. En tu situación, hay dos factores:

Tabla 4

Tratamientos - Diseño Factorial 2 x 3

Tratamientos	Factor A (Tipo de material Vegetal)	Factor B (presión en bares)
1	Hojas de matico	200 bares
2	Hojas de matico	300 bares
3	Hojas de matico	400 bares
4	Tallo de matico	200 bares
5	Tallo de matico	300 bares
6	Tallo de matico	400 bares

Nota. Elaborado por las autoras

- **Factor A: Tipo de Material Vegetal**
 - Hojas de matico
 - Tallo de matico
- **Factor B: Presión en bares**

- 200, 300 y 400 bares
- **Diseño Factorial Completo**
 1. **Número de Factores:** 2 (Tipo de Material Vegetal y Presión)
 2. **Niveles de cada Factor:**
 - Factor a: 2 niveles (a1: Hojas, a2: Tallo)
 - Factor b: 3 niveles (b1:200 bares, b2:300 bares, b3:400 bares)
 3. **Número de Tratamientos:** Esto se calcula como el producto de los niveles de cada factor:
 - Numero de tratamientos= (niveles de a) × (niveles de b) =2×3=6
 - Número de tratamientos= (niveles de a) × (niveles de b) =2×3=6

Así que, en el estudio, el diseño factorial completo sería un **diseño factorial 2 x 3**, donde se tiene 2 niveles en un factor (Tipo de Material) y 3 niveles en el otro factor (Presión). Esto da lugar a un total de 12 tratamientos.

Tabla 5

Diseño factorial replica

		Factor A	Factor B	Replica
HOJA	R1	A1	B1	1
		A1	B1	2
		A1	B2	1
	R2	A1	B2	2
		A1	B3	1
		A1	B3	2
TALLO	R4	A2	B1	1
		A2	B1	2
		A2	B2	1
	R5	A2	B2	2
		A2	B3	1
		A2	B3	2

Replicas	Factor A (Tipo de Material Vegetal)	Factor B (Presión en bares)
1	Hojas de matico	200 bares
2	Hojas de matico	300 bares
3	Hojas de matico	400 bares
4	Tallo de matico	200 bares
5	Tallo de matico	300 bares
6	Tallo de matico	400 bares
7	Hoja de matico	200 bares
8	Hoja de matico	300 bares
9	Hoja de matico	400 bares
10	Tallo de matico	200 bares
11	Tallo de matico	300 bares
12	Tallo de matico	400 bares

Nota. Elaborado por las autoras

3.2.3. Variables

Variables independientes (factores de estudio):

Factor A: Tipo de hojas de matico

- Diferentes tipos de hojas de *Salvia corrugata*, que serán utilizadas en el proceso de extracción.

Factor B: Presión de extracción (en bares)

- Presión aplicada durante el proceso de extracción con fluidos supercríticos, variando en diferentes niveles.

VARIABLES DEPENDIENTES (RESULTADOS MEDIDOS):

- **Rendimiento de extracción (%):** Porcentaje de compuestos extraídos en relación con la cantidad inicial de material vegetal procesado.
- **Concentración de principios bioactivos (mg/g):** Gramos de compuestos bioactivos (por ejemplo, taninos, flavonoides y compuestos fenólicos) que se hallan en los extractos, expresados en miligramos por cada gramo de muestra.
- **Actividad antimicrobiana (zona de inhibición en mm):** La eficacia de los extractos para impedir el desarrollo de microorganismos, la cual se mide en milímetros como el diámetro del área inhibidora en ensayos de difusión en agar.

3.2.4. Tipo de diseño experimental o estadístico.

Para la realización de esta investigación, se utilizará un diseño factorial 2x3. Este tipo de diseño es ideal para evaluar múltiples factores y sus interacciones sobre una variable dependiente en un solo experimento (Paucar, 2023).

Factores Considerados:

- Factor A: Tipo de Material Vegetal
- Niveles: Hojas de matico, Tallo de matico
- Factor B: Presión en bares
- Niveles: 200 bares, 300; bares, 400 bares
- Número total de tratamientos: 12 (combinaciones de los niveles de los dos factores).
- Objetivo: Evaluar el efecto de los 12 tipos de material vegetal y presiones de extracción en la obtención de principios bioactivos.

Modelo matemático:

El modelo para un diseño factorial puede expresarse de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Respuesta observada para el tratamiento ii del factor A, en el nivel j del factor B, y réplica k .

μ = Media general (promedio total de la respuesta).

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A (Tipo de Material Vegetal).

β_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor B (Presión en bares).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de interacción entre los factores A y B.

ϵ_{ijk} = Error aleatorio (residual), que se asume normalmente distribuido con media cero y varianza constante.

3.2.5. Tipos de análisis.

Análisis Estadístico

- **ANOVA (Análisis de Varianza):** Se aplicará un ANOVA factorial para evaluar si hay diferencias significativas en la cantidad de principios bioactivos extraídos, considerando los efectos de los factores (tipo de material vegetal y presión) y sus interacciones (Zamora, 2022).

Análisis Cromatográfico

- **Cromatografía Gaseosa (GC):** Se empleará para separar y analizar los compuestos bioactivos presentes en los extractos. Este análisis permitirá identificar los compuestos y determinar su concentración (Vásquez, 2022).

Espectrometría de Masas (MS)

- **Espectrometría de Masas Acoplada a Cromatografía Gaseosa (GC-MS):** Este método se utilizó para identificar los compuestos en los extractos de manera más precisa, proporcionando información sobre su estructura molecular y características (Barros, 2022).

Análisis de Actividad Biológica

- **Pruebas de Actividad Antimicrobiana:** Con el fin de establecer la eficacia de los extractos contra cepas bacterianas elegidas, se llevaron a cabo ensayos de difusión en agar. Con el fin de analizar la actividad antimicrobiana, se tomarán medidas de los diámetros de las áreas inhibitoras (Arcos, 2023).

Análisis Físico-Químico

- **Análisis de Composición Química:** Se realizó un estudio físico-químico de los materiales vegetales, que abarcó la determinación de la humedad y otros parámetros significativos que podrían afectar el proceso de extracción.
- **Análisis de Rendimiento de Extracción:** Se calculó el rendimiento de la extracción de principios bioactivos en términos del volumen del material empleado y el volumen del extracto que se obtuvo.

3.2.6. Métodos de evaluación y datos a tomarse

- **Variables de respuesta:**
 - Rendimiento de extracción (% de compuestos bioactivos extraídos en relación al peso inicial de las hojas).
 - Concentración de compuestos específicos (mg/g de extracto) determinados mediante cromatografía.
 - Perfil químico de los extractos (identificación de compuestos bioactivos).
- **Datos a registrar:**
 - Peso inicial de las hojas.
 - Peso del extracto obtenido.
 - Condiciones de presión y temperatura.
 - Resultados cromatográficos (áreas de picos, tiempos de retención, etc.)

3.2.7. Manejo del experimento

- **Proceso metodológico:**
 - i. **Recolección y preparación del material vegetal:** Las hojas de matico fueron recolectadas, limpiadas y procesadas según lo descrito en el apartado 3.2.1.
 - ii. **Montaje del equipo:** Configuración del extractor de fluidos supercríticos, asegurando las condiciones de presión y temperatura para cada tratamiento.
 - iii. **Ejecución de los tratamientos:** Se realizaron las extracciones según los 12 tratamientos definidos, registrando las condiciones operativas y recolectando los extractos obtenidos.
 - iv. **Análisis de los extractos:** Los extractos fueron analizados mediante cromatografía para determinar su composición química y rendimiento.
 - v. **Registro y análisis de datos:** Se ordenaron y analizaron estadísticamente los datos obtenidos para determinar cómo los factores en estudio impactan.

- **Ubicación del experimento:** El trabajo de laboratorio se llevará a cabo en instalaciones equipadas para extracción con fluidos supercríticos y análisis cromatográfico.

3.3. Métodos de la caracterización de la hoja matico

3.3.1. Material vegetal

Se utilizaron hojas de *Salvia corrugata* (matico), recolectadas en su estado óptimo de madurez en una región específica de Ecuador, asegurando que las condiciones climáticas y de suelo sean representativas de su hábitat natural. Las hojas fueron seleccionadas manualmente, eliminando aquellas que presenten daños visibles o signos de deterioro. Después, se lavó con agua destilada para eliminar las impurezas y se trasladó a un lugar ventilado, sombrío y a temperatura ambiente para evitar que los compuestos bioactivos se degradaran. Una vez que las hojas se secaron, se

molieron y tamizaron para obtener partículas de tamaño uniforme, lo cual es adecuado para el proceso de extracción.

Por otro lado, el tallo de *Salvia corrugata* es una parte clave de la planta, parte de su rol en el apoyo y el transporte, también tiene un posible uso en fitoterapia en comparación con las hojas, que han sido estudiadas en mayor medida, el tallo ha sido objeto de menos investigación científica. Sin embargo, alberga una gama de metabolitos secundarios que son de interés.

En esta sección se encuentran compuestos como lignanos, taninos, alcaloides y triterpenos, que tienen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes. Su estructura lignificada no solo le aporta firmeza, sino que también favorece la acumulación de ciertos compuestos fenólicos que se pueden extraer utilizando métodos eficaces, como la tecnología de fluidos supercríticos.

3.3.2. Caracterización fisicoquímica de las hojas de matico

Antes de proceder con la extracción, se realizó una caracterización fisicoquímica de las hojas de matico para determinar su composición y propiedades iniciales. Los análisis incluirán:

1. **Determinación de humedad (%):** La norma AOAC 930.15 fue lo que se empleó para el secado en estufa a 105 °C hasta alcanzar un peso constante. Este análisis permitió conocer el contenido de agua en las hojas, un factor importante para la eficiencia del proceso de extracción.
2. **Determinación de cenizas totales (%):** Se realizó mediante calcinación en un horno mufla a 550 °C, siguiendo la norma AOAC 942.05. Este análisis permitirá determinar el contenido de minerales presentes en las hojas.
3. **Determinación del pH:** Se preparó una suspensión acuosa de las hojas trituradas (1:10, peso/volumen) y se medirá el pH utilizando un potenciómetro calibrado. Este parámetro es importante para evaluar la acidez o alcalinidad del material vegetal.

4. **Prueba de antibiograma:** Examina la capacidad antimicrobiana de los extractos de las hojas de matico. El ensayo consistirá en aplicar el extracto sobre discos de papel y luego ponerlos en placas con cultivos de bacterias patógenas, como la *Escherichia coli*. Para determinar la actividad antimicrobiana, se medirá el diámetro del halo de inhibición que circunda el disco y se expresará en milímetros.

3.3.3. Extracción de principios bioactivos mediante fluidos supercríticos

La obtención se realizó mediante un aparato diseñado para la extracción con fluidos en su estado supercrítico (SFE, en inglés). Se empleará dióxido de carbono (CO₂) en su forma supercrítica como medio de disolución. Se puede añadir una pequeña cantidad de un co-solvente (etanol) para mejorar la solubilidad de ciertos compuestos bioactivos. El diseño experimental será una factorial 3×3, con tres niveles de presión (200, 300 y 400 bares) y tres repeticiones por tratamiento, resultando en un total de 12 tratamientos.

1. Condiciones de extracción:

- **Temperatura:** 40 °C (temperatura óptima para evitar la degradación de compuestos sensibles al calor) (Pascaline, 2020).
 - **Presión:** 200, 300 y 400 bares (ensayos por triplicado para evaluar el efecto de la presión sobre el rendimiento de extracción) (Chagua, 2022).
 - **Tiempo de extracción:** 60 minutos por tratamiento (Chavez, 2025).
 - **Flujo de CO₂:** 10 mL/min (en condiciones normales de temperatura y presión) (López J. , 2022).
2. **Preparación del material vegetal:** Las hojas trituradas fueron colocadas en el recipiente de extracción del equipo SFE, asegurando una distribución uniforme para maximizar el contacto con el solvente supercrítico.

3. **Recolección del extracto:** Los extractos obtenidos fueron recolectados en frascos ámbar para evitar la degradación por la luz y almacenados a 4 °C hasta su análisis.

3.3.4. Caracterización de los extractos obtenidos

Los extractos obtenidos serán analizados para determinar su composición y actividad biológica. Los análisis incluirán:

1. **Rendimiento de extracción (%):** Se calculó la relación entre la masa del extracto obtenido y la masa inicial de las hojas procesadas expresada en porcentaje.
2. **Análisis de compuestos bioactivos:**
 - **Compuestos fenólicos totales:** Fue cuantificado usando la técnica de Folin-Ciocalteu.
 - **Flavonoides totales:** Se estableció empleando el método colorimétrico con sal de aluminio.
 - **Antioxidantes:** Se realizaron métodos como el DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), ABTS (ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) y FRAP (capacidad reductora férrica) para medir la capacidad antioxidante de los extractos. Estas pruebas nos permiten evaluar el potencial del extracto como un antioxidante natural y su capacidad para neutralizar los radicales libres.
3. **Actividad antimicrobiana:** El procedimiento de difusión en agar fue el que se utilizó, con microorganismos modelo como la *Escherichia coli*. Se informarán los resultados en relación con el diámetro de la zona de inhibición, que se mide en milímetros.

3.3.5. Determinación de la mejor presión de extracción

La mejor presión de extracción se determinó en función de los siguientes criterios:

1. Mayor rendimiento de extracción.
2. Mayor concentración de compuestos bioactivos (polifenoles, flavonoides y antioxidantes).

3. Mayor actividad antioxidante y antimicrobiana.

3.3.6. Principios bioactivos presentes en las hojas y tallos de matico

El matico (*Salvia corrugata*), es una planta medicinal que se usa mucho en la medicina tradicional y que presenta diversos principios bioactivos, los cuales le otorgan propiedades curativas. Estos compuestos son metabolitos secundarios producidos por la planta como mecanismos de defensa y tienen efectos biológicos significativos en los organismos vivos. Los principales principios bioactivos presentes en las hojas y tallos de matico incluyen:

CAPÍTULO IV

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Describir la materia prima de las hojas y tallo de matico (*Salvia corrugata*)

Con el fin de cumplir con el primer objetivo específico, que consiste en describir la materia prima de las hojas y tallo de matico (*Salvia corrugata*), se realizó un análisis para medir el contenido de humedad, cenizas y pH. A continuación, se presenta los resultados:

Tabla 6

Análisis de la humedad # 1

Detalle		HUMEDAD%			PROMEDIO
		REP-1	REP-2	REP-3	
Materia Prima	Matico Hoja	77,45	76,02	77,21	76,89
	Matico Tallo	85,37	82,54	82,56	83,49

Nota. Elaborado por las autoras

Análisis: En la **Tabla 7**, se presentan los valores en porcentaje, que son el resultado del cálculo de la pérdida de masa a causa de la evaporación del agua mientras se seca. El promedio para las hojas fue de 76,89%, mientras que el tallo mostró un 83,49%, lo que indica que ambas partes tienen un alto contenido de agua, aunque hay una diferencia notable entre ellas.

Lo que se ha observado se relaciona con la fisiología de las plantas. El tallo, dedicado a la conducción y soporte, tiende a tener más agua en sus tejidos, lo que también lo hace más denso y menos poroso en comparación con las hojas. Aunque las hojas tienen un alto nivel de humedad, sus estructuras internas son más expuestas al ambiente y tienen una tasa de transpiración más alta, lo que podría explicar su valor ligeramente inferior.

Esta diferencia en el contenido de humedad influye directamente en las fases de secado y extracción. Un alto contenido de agua, como el que se encuentra en el tallo, puede complicar el secado, alargándolo y aumentando el consumo de energía.

Además, en la extracción con fluidos supercríticos, una humedad excesiva puede afectar la solubilidad y estabilidad de los compuestos bioactivos, sobre todo si son sensibles al calor o solubles en agua.

En este sentido, estudios como el de Rostagno & Prado (2019) indican que para mejorar la eficiencia de los procesos de extracción que no son convencionales, es importante que el material vegetal tenga un contenido de humedad controlado, preferentemente por debajo del 15%. Asimismo, según Plaskova & Mlcek, (2023), la humedad puede limitar el procesamiento de los compuestos activos, por lo que debe disminuirse sin afectar la estructura de la planta.

Tabla 7

Análisis de las cenizas # 1

Detalle	CENIZAS%			PROMEDIO	
	REP-1	REP-2	REP-3		
Materia Prima	Matico Hoja	89,3224	88,9544	89,1879	89,1549
	Matico Tallo	88,3002	87,9396	88,3424	88,1941

Nota. Elaborado por las autoras

Análisis: Después de haber efectuado los cálculos pertinentes, se logró determinar el contenido porcentual de cenizas en las hojas y los tallos de *Salvia corrugata*. Estos resultados permiten observar con mayor precisión la proporción de residuos minerales presentes tras la eliminación total de materia orgánica mediante calcinación.

En las hojas de matico, el contenido de cenizas se mantuvo entre 88,9544% y 89,3224%, lo que dio como resultado un promedio general de 89,1549%. Por otro lado, los tallos de matico presentaron valores levemente inferiores, con un rango que va desde 87,9396% hasta 88,3424%, y un promedio final de 88,1941%. Aunque la diferencia entre ambos materiales vegetales no es excesiva, sí es constante en las

tres réplicas, lo que sugiere que las hojas contienen ligeramente más componentes minerales residuales en comparación con los tallos.

Estos porcentajes elevados reflejan una proporción significativa de cenizas respecto al peso seco de la muestra original, lo cual puede estar relacionado con la presencia de minerales estructurales o bioacumulados durante el desarrollo de la planta. Además, esta información complementa los datos obtenidos previamente y permite establecer una línea base clara para evaluar la calidad del material vegetal en posibles usos terapéuticos, cosméticos o alimentarios.

Según lo señalado por Odziejewicz & Wołejko (2022), un contenido elevado de cenizas puede indicar una carga mineral notable que, en función de su composición específica, puede ser favorable en ciertos procesos industriales. De igual manera, Matyanga & Morse (2021) señalan que el análisis cuantitativo de cenizas es una herramienta útil para determinar la estabilidad de la materia prima, así como para detectar posibles impurezas o contaminaciones inorgánicas si los valores se desvían de los rangos esperados.

En la siguiente etapa, los resultados se contrastarán con los valores obtenidos en el análisis de pH, con el fin de continuar caracterizando las propiedades fisicoquímicas de las hojas y tallos de *Salvia corrugata*, de acuerdo con la meta establecida al principio del estudio.

Tabla 8

Análisis del PH

Detalle		MUESTRA			PH			PROMEDIO
		REP-1	REP-2	REP-3	REP-1	REP-2	REP-3	
Materia	Matico Hoja	10 g	10 g	10 g	5,468	5,446	5,432	5,4487
Prima	Matico Tallo	10 g	10 g	10 g	5,739	5,756	5,751	5,7487

Nota. Elaborado por las autoras

Análisis: Las variaciones detectadas en el análisis del pH de las muestras de tallos y hojas de *Salvia corrugata* posibilitan una caracterización química más detallada del material base. Se usaron tres réplicas para cada clase de muestra, con una cantidad uniforme de 10 gramos, lo que garantiza la repetibilidad y la solidez de los resultados alcanzados.

En el caso de las hojas de matico, el pH promedio registrado fue de 5,4487, con valores individuales que oscilan ligeramente entre 5,432 y 5,468. Este nivel de acidez moderada indica que el ambiente químico de las hojas se mantiene dentro de un rango ácido suave, lo cual puede afectar la estabilidad y preservación de los compuestos bioactivos que existen, así como su actuación durante los procedimientos de extracción.

Por su parte, los tallos de matico mostraron un pH promedio algo más alto, con un valor de 5,7487, manteniéndose también dentro del rango ácido, pero acercándose más a la neutralidad en comparación con las hojas. Los valores individuales varían poco, entre 5,739 y 5,756, evidenciando buena uniformidad entre las réplicas. Esta ligera diferencia con respecto a las hojas puede estar relacionada con la composición química específica de los tejidos del tallo, que suelen contener menor concentración de ácidos orgánicos o metabolitos que contribuyan a la acidez.

Los resultados sugieren que ambos tipos de materia prima mantienen un pH ácido dentro de un rango compatible con la mayoría de los procesos de extracción por fluidos supercríticos, ya que este método puede ser sensible a las condiciones fisicoquímicas del material. Además, el pH ácido puede favorecer la conservación natural de ciertos compuestos bioactivos, reduciendo la degradación microbiana y química.

Según investigaciones previas, como las de Congleton (2022), el pH del material vegetal puede influir en la eficiencia de la extracción y en la calidad de los principios bioactivos obtenidos, especialmente en plantas medicinales donde los

metabolitos secundarios son sensibles a variaciones del medio. De manera similar, Khaskheli & Khaskheli (2019) destacan que el conocimiento del pH permite ajustar parámetros de extracción y pretratamientos, optimizando el rendimiento y la pureza de los compuestos extraídos.

En conclusión, el pH registrado para hojas y tallos de *Salvia corrugata* es característico de un material con predominancia de un medio ácido suave, lo que contribuye a la adecuada caracterización fisicoquímica del material vegetal, cumpliendo con el primer objetivo específico del estudio.

4.2.Determinación de las mejores presiones para la extracción de principios bioactivos mediante fluidos supercríticos

Se realizó un análisis estadístico basado en los datos de rendimiento obtenidos en distintas condiciones experimentales, con el propósito de establecer las presiones óptimas para la extracción de principios bioactivos mediante fluidos supercríticos. Para determinar el impacto que tiene el tipo de muestra (hoja o tallo) y la presión aplicada (200, 250 y 300 bar) en la productividad de los extractos obtenidos, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación múltiple de medias.

Análisis de varianza (ANOVA)

El análisis de varianza permite desglosar la variabilidad total del rendimiento en efectos principales y sus interacciones. Se aplicó el método de suma de cuadrados de tipo III para aislar el efecto específico de cada factor. Este análisis estadístico nos posibilita determinar si las variaciones detectadas entre los grupos son significativas o se deben a la casualidad.

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento (g)- Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-f	Valor-p
Efectos Principales					
A:Factor A	0,1452	1	0,1452	16,07	0,0070
B:Factor B	0,00485	2	0,002425	0,27	0,7733
Interacciones					
Ab	0,00065	2	0,000325	0,04	0,9649
Residuos	0,0542	6	0,00903333		
Total (Corregido)	0,2049	11			

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

Nota. Elaborado por las autoras, conforme el software statgraphics

El rendimiento se ve afectado de manera significativa por el tipo de muestra (factor A), ya que el valor P (0,0070) es menor al 5%. Esto nos posibilita declarar, con un 95 % de certeza, que las hojas y los tallos poseen una diferencia estadísticamente relevante en lo que respecta a la cantidad de extracto generado, siendo las hojas las que evidencian un rendimiento superior.

Por el contrario, el factor B (presión) tiene un valor P de 0,7733, lo que muestra que las diferentes presiones (200, 250 y 300 bar) no generan cambios significativos en el rendimiento. En otras palabras, el rendimiento del extracto se mantiene relativamente constante independientemente del nivel de presión aplicado.

La interacción entre los factores A y B (valor P = 0,9649) tampoco es significativa, lo que indica que la influencia del tipo de muestra en el rendimiento es independiente de la presión utilizada. En resumen, el rendimiento depende del tipo de muestra, pero no se ve afectado por la presión ni por la combinación de ambos factores.

Prueba de comparación múltiple (LSD) para el factor A

Después de detectar una diferencia importante entre las muestras a través de ANOVA, se aplicó una prueba de comparación múltiple con el método LSD de Fisher para establecer cuál de las dos muestras, la de hojas o la de tallos, presentaba un rendimiento significativamente superior.

Tabla 10

Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento (gr) por Factor A

Método: 95,0 porcentaje LSD				
Factor A	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
A2	6	0,365	0,0388015	X
A1	6	0,585	0,0388015	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
A1 - A2	*	0,22	0,134271

* indica una diferencia significativa.

Nota. Elaborado por las autoras, conforme el software statgraphics

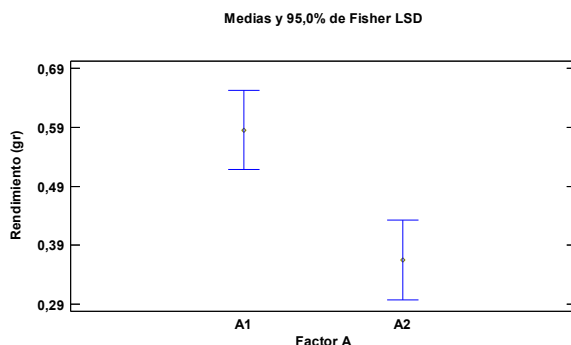
En la **Tabla 11**, con el fin de determinar si las medias entre la hoja y el tallo son significativamente distintas, se utiliza un proceso de comparación múltiple. La diferencia calculada entre las dos muestras es de 0,22 gramos y se encuentra por encima del umbral de significación de 0,1343; esto significa que la diferencia es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %. Esta conclusión se refuerza con el asterisco que acompaña la comparación.

En la parte superior se presentan los grupos homogéneos representados por «X». Aunque ambos niveles comparten una columna, la diferencia entre las medias es suficiente para clasificarlos como significativamente diferentes según el método LSD. Por lo tanto, se confirma que la hoja tiene un rendimiento mayor que el tallo en la extracción con fluido supercrítico.

Este método mantiene un riesgo del 5 % de afirmar que existe una diferencia cuando en realidad no la hay, pero en este caso, la diferencia observada entre las medias es lo suficientemente grande y clara como para considerarla real y fiable.

Gráfico 1

Gráfico de medias con intervalo de confianza (prueba LSD de Fisher)



Nota. Elaborado por las autoras, conforme el software statgraphics

El **Gráfico 1**, presenta los rendimientos promedio de extracción de las dos muestras estudiadas: A1 (hojas) y A2 (tallos), además de sus intervalos de confianza correspondientes al 95%. La muestra A1 tiene un promedio superior al de la A2, como se puede ver a simple vista. Asimismo, los intervalos de confianza no se superponen, lo cual enfatiza la diferencia importante entre las dos.

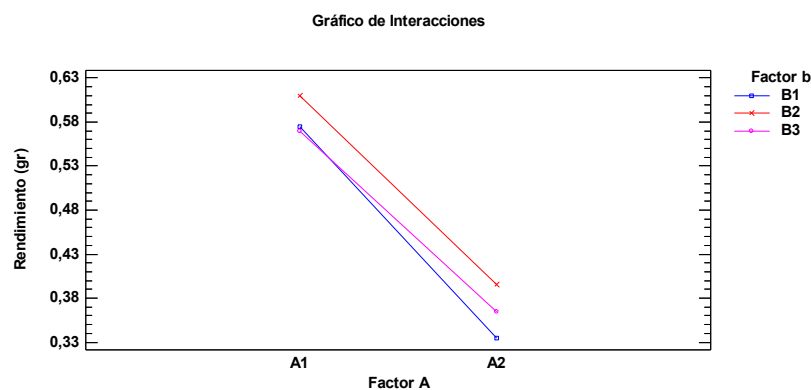
Este resultado concuerda con el análisis de varianza (ANOVA), en el cual se observó que el factor A (el tipo de muestra) tiene un impacto significativo en la productividad ($p = 0,0070$). Esto demuestra que la clase de muestra afecta directamente la cantidad de extracto obtenido. Por otro lado, la presión (factor B) y la interacción entre ambos factores no mostraron efectos significativos, por lo que no afectan de manera significativa al rendimiento.

La prueba de comparación múltiple (LSD) confirmó esta diferencia: la media para A1 fue de 0,585 gramos, mientras que la de A2 fue de 0,365 gramos. La diferencia entre ambos (0,22 gramos) superó el límite de significación ($\pm 0,1343$), con un nivel

de confianza del 95 %, lo que nos permite concluir que el mayor rendimiento corresponde a las hojas.

Gráfico 2

Gráfico de interacciones



Nota. Elaborado por las autoras, conforme el software statgraphics

El **Gráfico 2**, de interacción muestra cómo varía el rendimiento de los extractos en función del tipo de muestra (factor A) y la presión aplicada (factor B). En este caso, las líneas correspondientes a los niveles de presión (B1, B2 y B3) tienen una pendiente similar y no se cruzan, lo que indica que no existe una interacción significativa entre los factores A y B.

Esto significa que el efecto del tipo de muestra (hoja o tallo) sobre el rendimiento permanece constante, independientemente del nivel de presión. En otras palabras, las hojas (A1) tienen un rendimiento mayor que los tallos (A2) en todos los niveles de presión analizados, pero la distancia entre los puntos permanece casi igual en cada caso.

Este resultado concuerda con el análisis de varianza (ANOVA), que reveló un valor P de 0,9649 para la interacción A×B. Esto sugiere que no hay una correlación significativa en términos combinados entre el tipo de muestra y la presión sobre el rendimiento. Por ende, la variación en el rendimiento que se ha visto depende

exclusivamente del género de muestra y no de la combinación de este con la presión o del nivel de presión.

4.3. Caracterización y cuantificación de los principios bioactivos obtenidos de las hojas y tallo de matico por GC-MS.

Se realizaron varios ensayos para determinar compuestos antioxidantes, como flavonoides y polifenoles, así como la actividad antioxidante total utilizando el método ABTS, con el propósito de cumplir con el objetivo de caracterizar y cuantificar los principios bioactivos que se encuentran en las hojas y el tallo de matico. A través de la evaluación de su concentración a partir de curvas estándar creadas con patrones de referencia como ácido gálico, quercetina y Trolox, estos estudios permiten identificar y comparar la presencia de los compuestos mencionados en ambas partes vegetales. A continuación, se muestran los resultados de cada ensayo, así como su correspondiente interpretación.

Tabla 11

Extracto SFE 200, 300, 400 Bar Hoja

200 Bar hoja			
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Sclareol	62,024	0,89
2	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one-drimenin	62,396	10,7
3	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,072	57,7
4	1R,4S,7S,11R-2,2,4,8-Tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-8-ene	64,38	0,76
5	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,064	6,38
6	Drimenol	68,356	7,12
7	2,4-Heptadiene, 2,4-dimethyl-	69,95	0,55
8	Cedran-diol (8S,14)-	70,073	0,98
9	Eicosane	71,524	3,77
10	Nonadecane	74,367	3,69
11	Lupeol	84,49	7,46
300 Bares hoja			
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,093	0,86
2	3-Hydroxy- α -ionene	61,75	2,2
3	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one (drimenin)	62,37	2,06
4	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,011	22,93
5	2,4,8,8-Tetramethyldecahydrocyclopropa[d]naphthalene	66,109	1,27
6	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,061	10,22
7	Drimenol	68,383	45,14
8	Eicosane	71,52	1,32
9	Nonadecane	74,364	4,58
10	Heptasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13-tetradecamethyl-	77,213	3,3
11	Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-	80,136	1,71
12	Lupeol	84,481	4,42

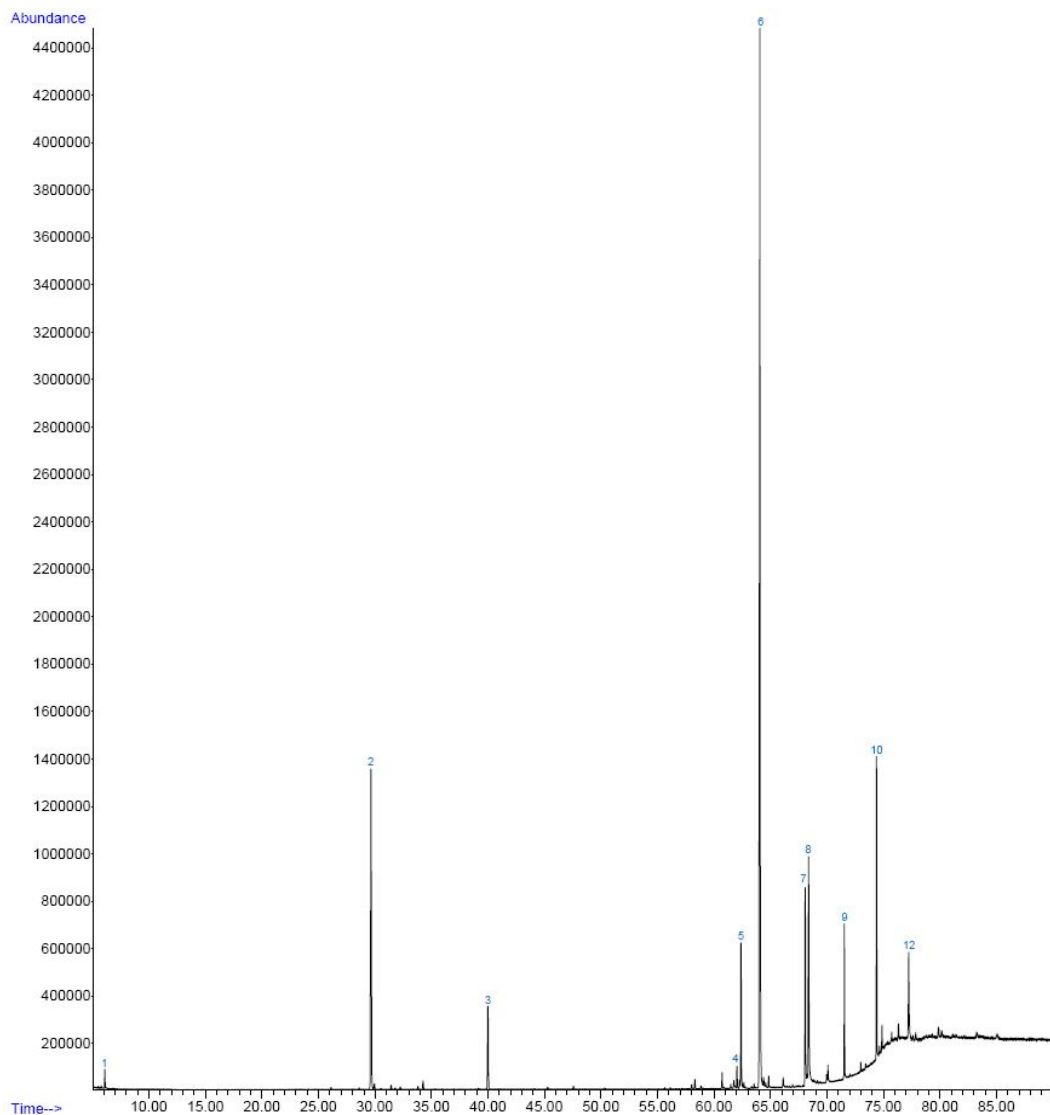
400 bares hoja

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,093	0,52
2	Sciareol	62,016	0,71
3	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one Drimenin	62,385	7,6
4	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,056	54,06
5	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,065	8,67
6	Drimenol	68,367	15,9
7	Cedran-diol, (8S,14)-	70,073	1,03
8	Eicosane	71,521	2,17
9	Nonadecane	74,362	2,28
10	Lupeol	84,491	7,06

Nota. Tabla resumen de los resultados del laboratorio donde se analizó el extracto de hoja de matico (*Salvia corrugata*). Elaborado por las autoras

Gráfico 3

Extracto SFE 200 Bar de Hoja de matico (*Salvia corrugata*)

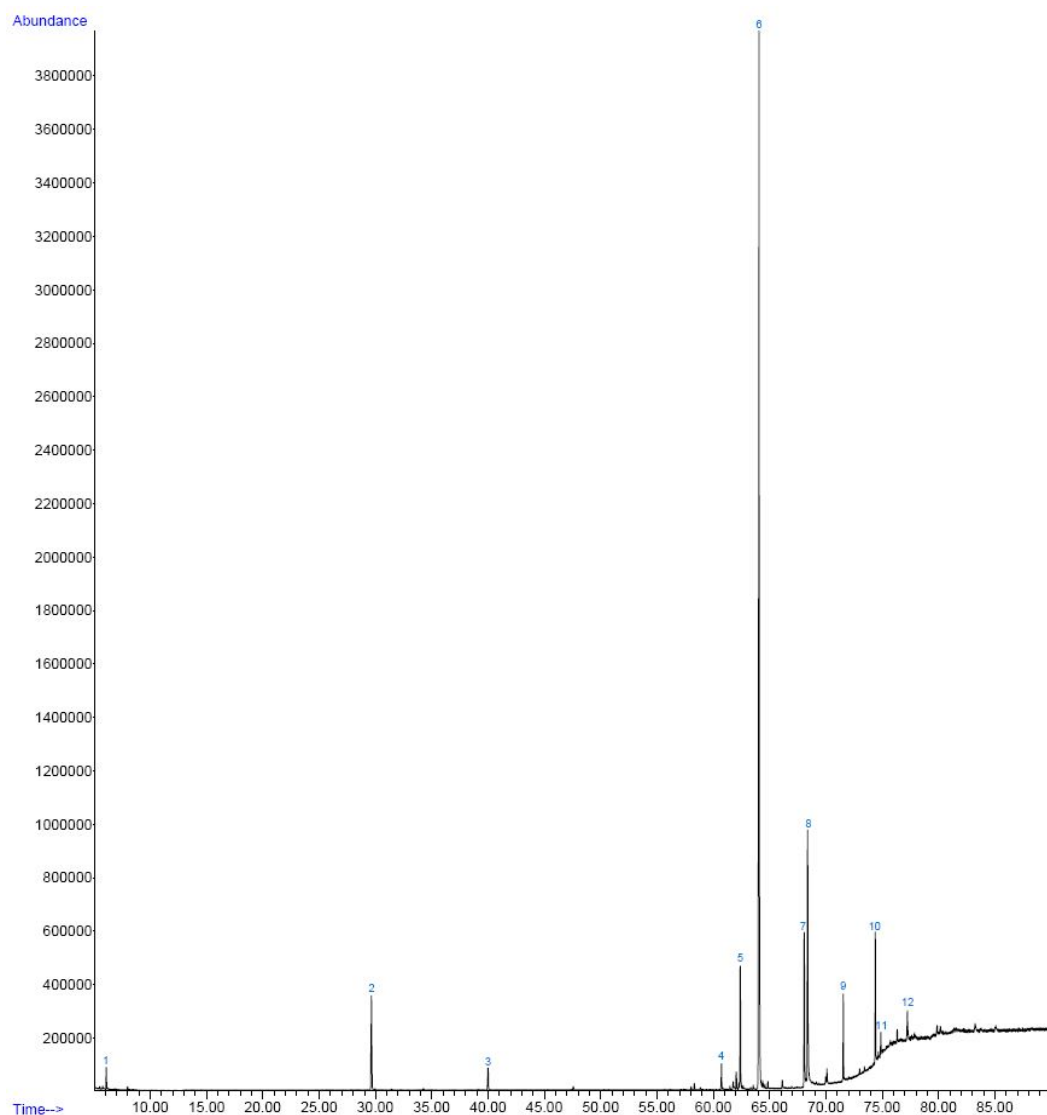


Nota. Elaborado por las autoras

El compuesto mayoritario fue de 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- con 57,7%, lo que indica que tiene un alto contenido de terpenoides y compuestos volátiles apolares que son típicos de aceites esenciales. Según Nematollahi et al. (2021) menciona que el compuesto mencionado es un hidrocarburo insaturado ramificado que pertenece a la clase de compuestos orgánicos que están presentes en plantas aromáticas y especias, la presencia alta de 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- indica un contenido elevado de terpenoides y compuestos volátiles apolares que son característicos de aceites esenciales conocidos en las propiedades aromáticas y bioactivas.

Gráfico 4

Extracto SFE 300 Bar de Hoja de matico (*Salvia corrugata*)



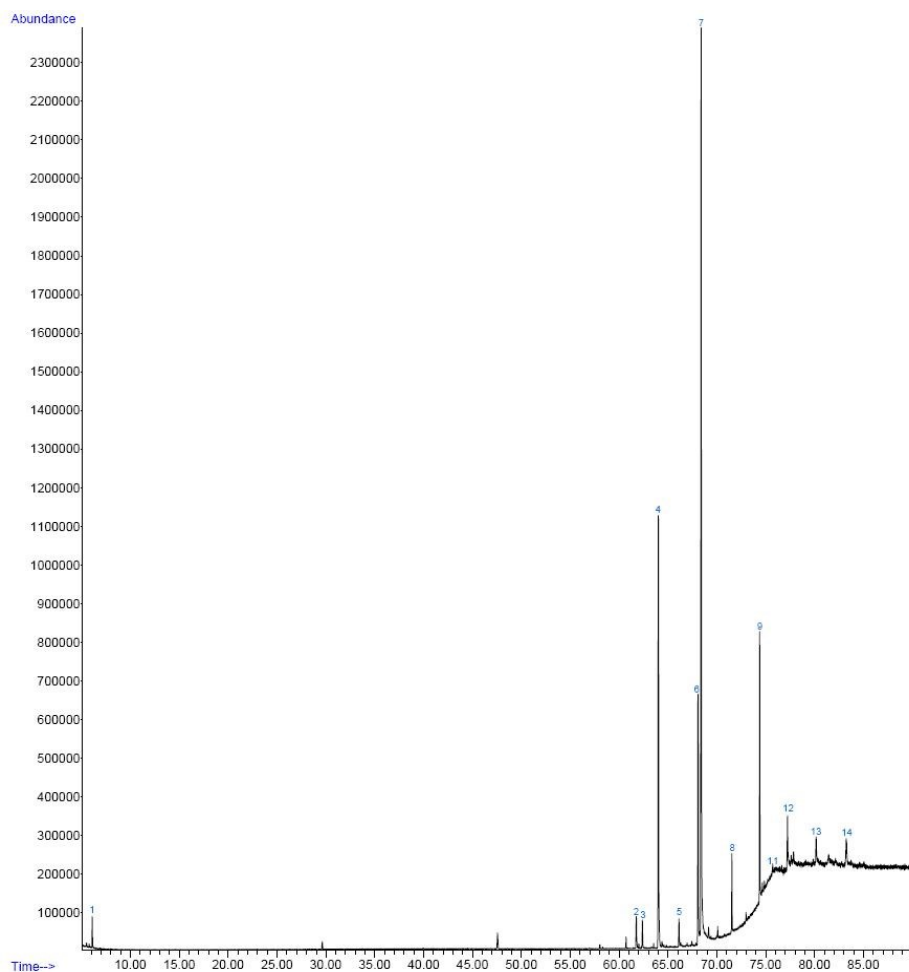
Nota. Elaborado por las autoras

El compuesto con más alto porcentaje fue Drimenol con el 45,14% en el análisis del extracto SFE 300 Bar de tallo de matico (*Salvia corrugata*), drimenol es un compuesto sesquiterpénico natural, presente en aceites esenciales de plantas aromáticas. Sánchez et al. (2015) afirman que un porcentaje de 45% en el extracto SFE 300 Bar en el tallo de matico es un compuesto sesquiterpénico natural y se encuentra de manera común en plantas aromáticas. Además, es un compuesto que forma parte de los terpenos y está constituido por tres unidades de isopreno ($C_{15}H_{26}$); puede hallarse frecuentemente en metabolitos secundarios y aceites

esenciales de numerosas plantas aromáticas. Además, el Drimenol es un compuesto que se encuentra en abundancia en el tallo de matico; por lo tanto, la extracción con fluidos supercríticos es una técnica eficaz y selectiva para aislar compuestos volátiles y semivolátiles.

Gráfico 5

Extracto SFE 400 Bar de Hoja de matico (Salvia corrugata)



Nota. Elaborado por las autoras

El compuesto 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- es un compuesto hidrocarburo insaturado con dobles enlaces conjugados, su predominio indica las características aromáticas y químicas del extracto obtenido a 400 Bar y es el representante del más del 50% de los compuestos volátiles con el 54,06%. Según Li (2011) afirma que es un compuesto hidrocarburo insaturado con dobles enlaces conjugados y predomina las características aromáticas y químicas del extracto obtenido a 400 Bar, un

porcentaje superior al 50% lo que indica que es un componente mayoritario y relevante en las características aromáticas y químicas del extracto, este compuesto es un metabolito secundario que se encuentra de forma natural en algunas plantas aromáticas y aceites esenciales.

Tabla 12

Extracto SFE 200, 300, 400 Bar de Tallo de matico (Salvia corrugata)

200 Bar Tallo

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Sclareol	62,024	0,89
2	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one-drimenin	62,396	10,7
3	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,072	57,7
4	1R,4S,7S,11R-2,2,4,8-Tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-8-ene	64,38	0,76
5	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,064	6,38
6	Drimenol	68,356	7,12
7	2,4-Heptadiene, 2,4-dimethyl-	69,95	0,55
8	Cedran-diol, (8S,14)-	70,073	0,98
9	Eicosane	71,524	3,77
10	Nonadecane	74,367	3,69
11	Lupeol	84,49	7,46

300 bares tallo

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,093	0,86
2	3-Hydroxy- α -ionene	61,75	2,2
3	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one (drimenin)	62,37	2,06
4	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,011	22,93
5	2,4,8,8-Tetramethyldecahydrocyclopropa[d]naphthalene	66,109	1,27
6	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,061	10,22
7	Drimenol	68,383	45,14

8	Eicosane	71,52	1,32
9	Nonadecane	74,364	4,58
10	Heptasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13-tetradecamethyl-	77,213	3,3
11	Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-	80,136	1,71
12	Lupeol	84,481	4,42

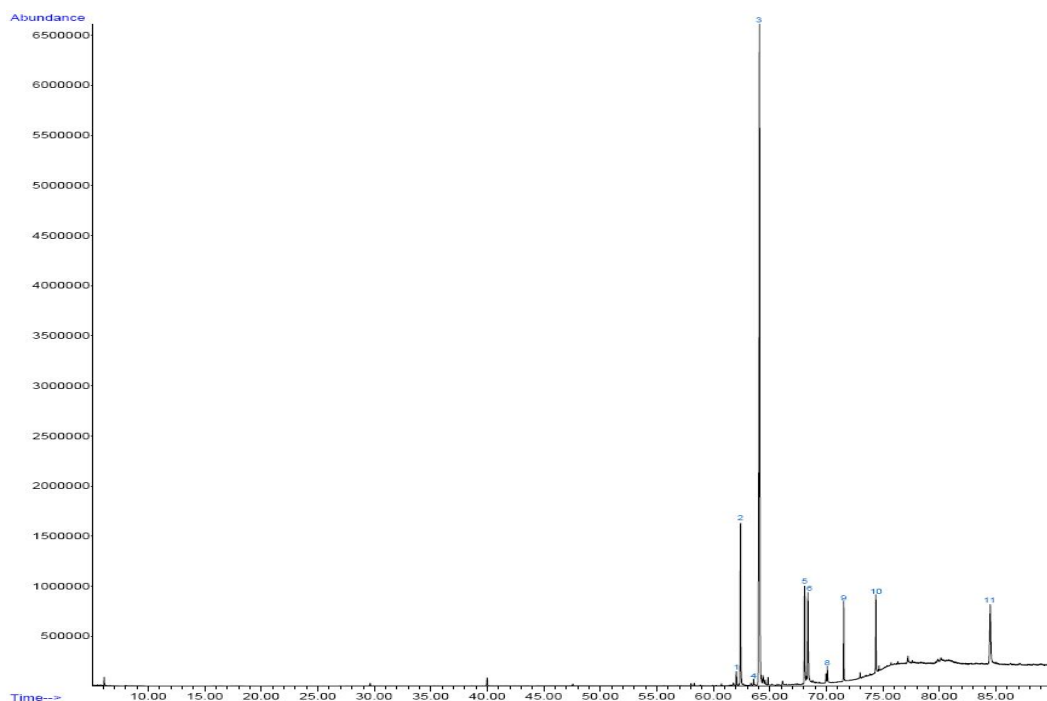
400 bares tallo

Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,093	0,52
2	Sclareol	62,016	0,71
3	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one Drimenin	62,385	7,6
4	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,056	54,06
5	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,065	8,67
6	Drimenol	68,367	15,9
7	Cedran-diol, (8S,14)-	70,073	1,03
8	Eicosane	71,521	2,17
9	Nonadecane	74,362	2,28
10	Lupeol	84,491	7,06

Nota. Resumen de los resultados del laboratorio del tallo de la hoja de matico (*Salvia corrugata*). Elaborado por las autoras

Gráfico 6

Extracto SFE 200 Bar de tallo de matico (*Salvia corrugata*)

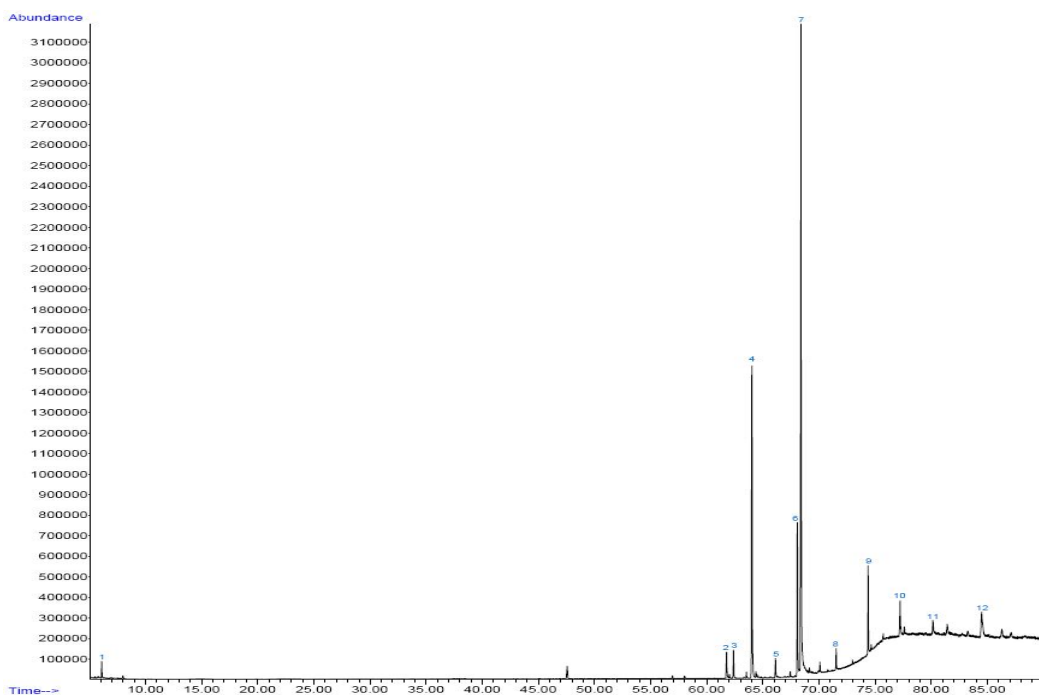


Nota. Elaborado por las autoras

El compuesto volátil más abundante fue 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- en el extracto de SFE 200 Bar del tallo de *Salvia corrugata*, con 57,7%. Su alta concentración puede influir en las propiedades aromáticas, sensoriales y técnicas del extracto. Según Díaz (2022) alude que el compuesto es un hidrocarburo volátil que tiene estructura de dieno con dobles enlaces que sustituye al metilo, estos compuestos surgen como metabolitos secundarios que forman parte del perfil químico aromático, por ende, la alta concentración de 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- indica una fuerte influencia en el perfil aromático y presenta propiedades bioactivas, por otra parte, un porcentaje alto como de 57,7% indica que es el principal responsable del aroma y la bioactividad del extracto en estado solvente y presión.

Gráfico 7

Extracto SFE 300 Bar de tallo de matico (*Salvia corrugata*)

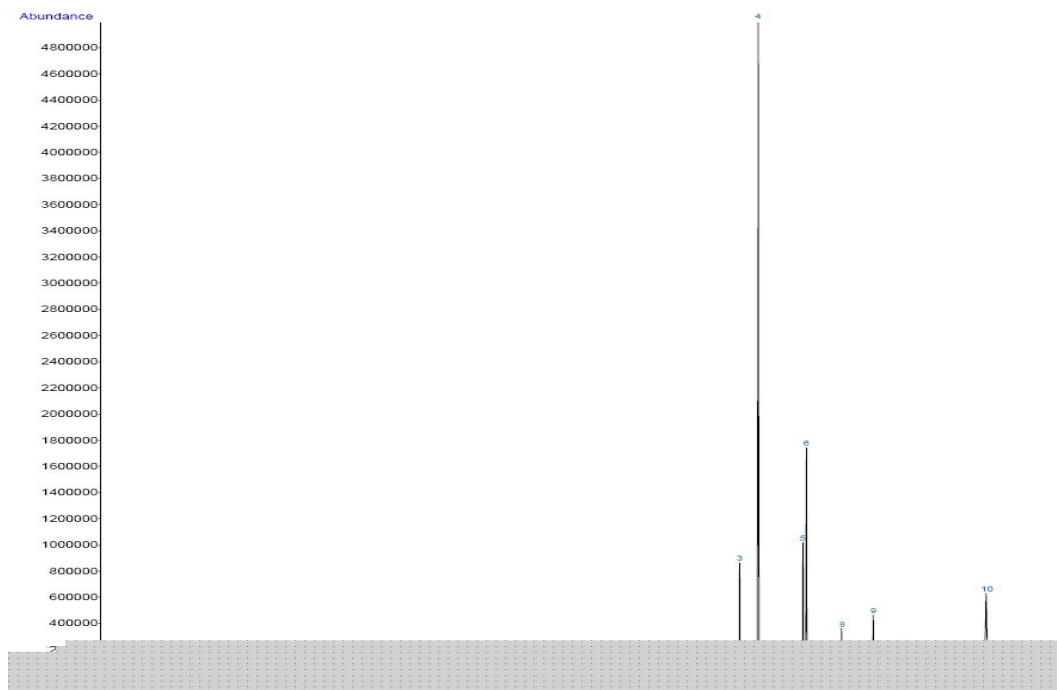


Nota. Elaborado por las autoras

El compuesto con el porcentaje más alto fue Drimenol del extracto SFE 300 Bar de tallo de matico (*Salvia corrugata*) con 45,14% fue el compuesto mayoritario de los volátiles e influye de manera determinante en el perfil aromático del extracto aportando notas herbáceas de la muestra. Gomes et al. (2007) menciona que cuando el porcentaje es mayor al 54% del extracto de la hoja obtenido por SFE a 300 Bar, destaca la influencia del porcentaje de aromático en el extracto y el 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- es un hidrocarburo insaturado con dobles enlaces conjugados y están presentes en plantas aromáticas como las del género *Salvia*.

Gráfico 8

Extracto SFE 400 Bar de tallo de matico (*Salvia corrugata*)



Nota. Elaborado por las autoras

El compuesto con mayor 54,06% fue 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- el cual presentó una alta concentración y es un componente clave en las propiedades biológicas del extracto de *Salvia corrugata* obtenido a 400 Bar. Tohfa et al. (2024) afirma que es sesquiterpenoide, una clase de terpenos formada por tres unidades de isopreno, es común en aceites esenciales y la característica principal es por ser volátil y apolar, forma parte de las propiedades aromáticas y bioactivas de los extractos de vegetales y contribuye a la defensa natural de la planta contra microorganismos e insectos. Además, una alta concentración de 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl- en el matico (*Salvia corrugata*) señala un contenido elevado de terpenoides, que son los encargados de la actividad aromática y biológica característica de los aceites esenciales.

4.3.1. ABTS

Tabla 14

Absorbancia solución de trabajo ABTS

Absorbancia solución de trabajo ABTS	1,10	1,1	1,12	1,11	1,14	1,11
---	------	-----	------	------	------	------

Nota. Elaborado por las autoras

Los valores obtenidos en la **Tabla 14**, indican que la absorbancia de la solución de trabajo del radical ABTS se mantuvo estable, con valores entre 1.10 y 1.14. Esta ligera variación confirma que la solución fue preparada de forma uniforme y sin alteraciones significativas entre las muestras. La consistencia observada en estos datos es fundamental, pues una solución inestable afectaría la lectura posterior de la actividad antioxidante.

Tabla 15

Absorbancia $\lambda=734nm$

Absorbancia $\lambda=734nm$				
R1	R2	R3	Promedio	Abs. Neta
0,68	0,67	0,68	0,68	0,44
0,60	0,58	0,58	0,59	0,53
0,47	0,44	0,45	0,45	0,66
0,34	0,31	0,35	0,33	0,78
0,21	0,23	0,22	0,22	0,89
0,11	0,09	0,08	0,09	1,02

Nota. Elaborado por las autoras

Los resultados presentados en la **Tabla 15**, muestran una reducción gradual de la absorbancia a 734 nm, bajando de 0,68 a 0,09. Esta tendencia indica un aumento en la capacidad antioxidante, ya que valores más bajos reflejan una mayor eliminación del radical ABTS⁺. Según Gulcin et al. (2025), una menor absorbancia en este ensayo se asocia directamente con una mayor actividad antioxidante, lo que permite evaluar de forma precisa la capacidad de los compuestos presentes para donar electrones o hidrógenos.

Las mediciones se realizaron por triplicado, lo que permite verificar la consistencia de los datos. Como afirman Walker & Everette (2024), para asegurar la confiabilidad de los resultados, es esencial que se utilice el método ABTS con replicados, especialmente cuando se trabaja con extractos vegetales, ya que este ensayo es sensible y adecuado para diferentes tipos de compuestos, tanto hidrosolubles como liposolubles.

En este contexto, la disminución constante de la absorbancia confirma que los compuestos evaluados tienen una buena capacidad antioxidante, lo que refuerza la utilidad del método ABTS en el análisis funcional de extractos naturales.

Tabla 16

Curva estándar de Trolox – Datos de concentración y absorbancia

X	Y
($\mu\text{mol/l}$)	Absorbancia
200	0,44
300	0,53
400	0,66
500	0,78
600	0,89
700	1,02
PENDIENTE	0,001181905
INTERSECCIÓN	0,188253968

Nota. Elaborado por las autoras

La **Tabla 16**, presenta la curva estándar de Trolox con concentraciones entre 200 y 700 $\mu\text{mol/L}$, registrando valores de absorbancia crecientes de forma proporcional. De esta forma, se obtuvo una pendiente de 0,001181905 y una intersección de 0,188253968, lo que confirma una relación lineal entre concentración y absorbancia.

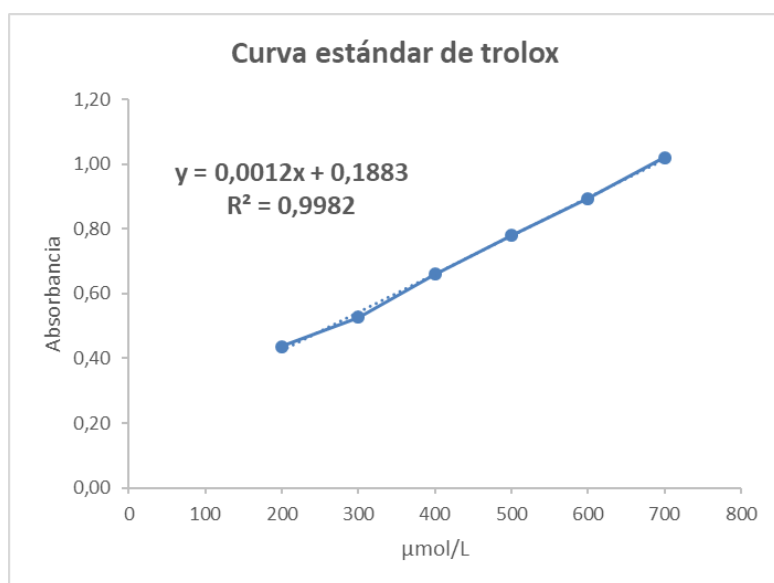
Bekdeşer & Apak (2024) reportaron que las curvas estándar para Trolox en ensayos ABTS suelen presentar una excelente linealidad ($R^2 \approx 0,99$), cubriendo rangos

similares y permitiendo una precisa cuantificación de la capacidad antioxidante en términos de equivalentes de Trolox

Además, Rumpf et al. (2023) compararon varios métodos antioxidantes y encontraron que las curvas de Trolox en el ensayo ABTS exhiben coeficientes de variación muy bajos ($\approx 0,25\%$) y una pendiente significativa, lo que asegura alta sensibilidad en la detección de diferencias en el poder antioxidante.

Gráfico 9

Curva estándar de trolox



Nota. Elaborado por las autoras

En el **Gráfico 9**, se muestra la curva estándar, creada con distintas concentraciones de Trolox, un compuesto de referencia que se emplea comúnmente para determinar el potencial antioxidante. La absorbancia a 734 nm se incrementó conforme la concentración lo hacía, lo que muestra una correlación directa entre las dos variables. Esta respuesta es coherente con lo de Dao, Huy, & Thanh-Nho (2022), quienes demostraron una linealidad estable en el rango de 100 a 700 $\mu\text{mol/L}$ utilizando el ensayo ABTS para muestras de té, validando su uso para la cuantificación antioxidante.

Las concentraciones equivalentes de Trolox pueden derivarse de los valores de absorbancia adquiridos en las muestras utilizando la fórmula ($y = 0.0012x + 0.1883$). El coeficiente de determinación, que es igual a $R^2 = 0,9982$, muestra que el 99,82 % del cambio en los datos puede explicarse por las concentraciones analizadas; esto respalda la fiabilidad del gráfico. Según Kut & Cieniek (2022), quien señala que un valor de R^2 superior a 0,99 asegura la precisión del método y permite realizar cálculos de actividad antioxidante con alta confianza.

En definitiva, estos resultados confirman que la curva estándar es válida y puede aplicarse correctamente para estimar la capacidad antioxidante de las muestras analizadas.

Tabla 17*Resultados de capacidad antioxidante expresados en $\mu\text{mol ET/g}$ de muestra*

Muestra	Absorbancia a $\lambda=734\text{nm}$	Absorbancia a N	Concentración ($\mu\text{mol/l}$)	Peso muestra (g)	Volumen aforo (l)	Factor de dilución	$\mu\text{mol ET/g}$ muestra	PROM.	SD
TALLO MATICO	0,28	0,83	546,360	0,0510	0,001	10	107,13	107,68	0,96
	0,27	0,84	554,821	0,0510	0,001	10	108,79		
	0,28	0,83	546,360	0,0510	0,001	10	107,13		
HOJA MATICO	0,30	0,81	529,439	0,0193	0,001	10	274,32	274,32	0,00
	0,30	0,81	529,439	0,0193	0,001	10	274,32		
	0,30	0,81	529,439	0,0193	0,001	10	274,32		

Nota. Elaborado por las autoras

Los resultados sobre la capacidad antioxidante del tallo y de la hoja de matico, presentados en μmol equivalentes de Trolox por gramo de muestra, muestran diferencias notables entre los dos tejidos. Con un valor de $107,68 \mu\text{mol ET/g}$, el tallo tiene una capacidad antioxidante media; la hoja, en cambio, muestra un valor mucho más alto: $274,32 \mu\text{mol ET/g}$. Esta disparidad indica que las hojas de matico tienen una concentración más alta de elementos bioactivos que son responsables de la actividad antioxidante.

Según Prior et al. (2024), La existencia de flavonoides y compuestos fenólicos está muy relacionada con la capacidad antioxidante, la cual cambia según el órgano vegetal y su función metabólica. Investigaciones anteriores han evidenciado, además, que las hojas suelen acumular más de estos compuestos porque contribuyen a la defensa contra la radiación ultravioleta y el estrés oxidativo (Dai, 2020).

Por otra parte, Sánchez-Moreno (2022) enfatiza que la capacidad antioxidante puede variar entre distintas partes de una planta, y que esta variabilidad puede depender de elementos como el método de extracción empleado, la madurez y la composición química. La pequeña variación que se aprecia en las réplicas del tallo en este caso puede ser indicativa de diferencias poco significativas en la uniformidad del tejido o la concentración de metabolitos.

4.3.2. FLAVONOIDES

Tabla 18

Absorbancia $\lambda=425$ nm

C (mg/l)	Absorbancia $\lambda=425$ nm		
	Réplicas	Absorbancia	Prom.
7.5	1	0,20	0,22
	2	0,23	
	3	0,22	
10	1	0,29	0,30
	2	0,31	
	3	0,29	
15.0	1	0,48	0,49
	2	0,48	
	3	0,50	
20.0	1	0,74	0,74
	2	0,76	
	3	0,71	
30.0	1	1,13	1,11
	2	1,13	
	3	1,06	

Nota. Elaborado por las autoras

En la **Tabla 18**, se presentan los valores de absorbancia adquiridos con una longitud de onda de 425 nanómetros para varias concentraciones de quercetina, que fluctuaron entre 7.5 mg/l y 30.0 mg/l. Para cada concentración, se hicieron tres réplicas, lo que permitió calcular un promedio más fiable y representativo.

Cuando la concentración de quercetina aumenta, se nota una mejora constante en la absorbancia, lo que muestra que existe una correlación directa entre las dos

variables. Esta relación ha sido descrita por Brand et al. (2022), los que indicaron que la concentración de compuestos fenólicos al aumentar provoca una mayor habilidad para absorber luz en ciertos intervalos de longitud de onda. De manera similar, Re et al. (2021) destacan que este comportamiento es común en pruebas de capacidad antioxidante que emplean quercetina como patrón, ya que su estructura permite una fuerte interacción con los radicales libres y con los reactivos del ensayo, reflejándose en valores crecientes de absorbancia.

Por ejemplo, con una concentración de 7,5 mg/l se obtuvo una absorbancia promedio de 0,22, mientras que con 30,0 mg/l la absorbancia se elevó hasta 1,11. Esta tendencia ascendente también ha sido reportada por Miliauskas, et al., (2024), quienes comprobaron una correlación positiva entre la concentración de flavonoides y la absorbancia registrada en ensayos espectrofotométricos, confirmando así la sensibilidad del sistema frente a variaciones en la cantidad del compuesto.

Tabla 19

Concentraciones de quercetina y las absorbancias promedio

X	y
C (mg/l)	Absorbancia
7,5	0,22
10	0,30
15	0,49
20	0,74
30	1,11
PENDIENTE:	0,04034375
INTERSECCIÓN:	-0,097005208

Nota. Elaborado por las autoras

Con base en los promedios obtenidos, la **Tabla 19**, presenta la correspondencia entre las concentraciones de quercetina y las absorbancias promedio, lo que permitió generar la ecuación de la curva estándar: $y = 0,0403x - 0,0970$. En esta relación, la pendiente positiva indica que por cada unidad de concentración en mg/l, la absorbancia aumenta en aproximadamente 0,04 unidades, lo cual evidencia una relación lineal directa. Este tipo de comportamiento ha sido descrito por Singleton y Rossi (2023), quienes señalaron que, en métodos espectrofotométricos, la

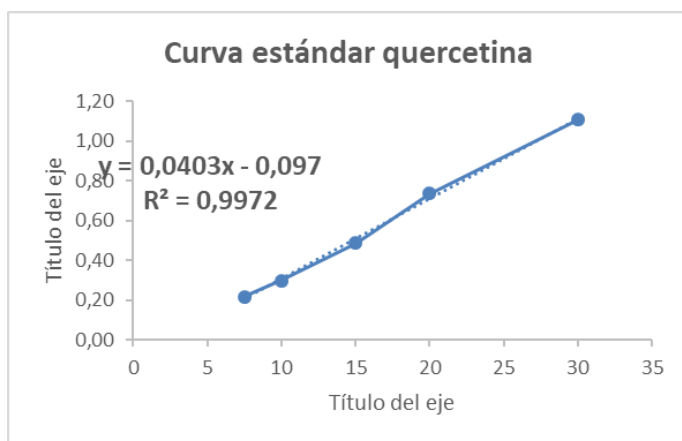
linealidad de la curva de calibración es fundamental para asegurar la precisión en la cuantificación de compuestos fenólicos.

El valor negativo de la intersección sugiere que, a concentraciones muy bajas, la respuesta del sistema puede acercarse a cero, lo cual es coherente con lo observado por Arnao, Cano & Acosta (2021), quienes indicaron que los sistemas colorimétricos presentan sensibilidad limitada cuando las concentraciones del compuesto evaluado se aproximan al límite de detección.

Esta ecuación permite interpolar los valores de absorbancia de las muestras vegetales y cuantificar el contenido de flavonoides en términos equivalentes a la quercetina. Según Kim et al. (2020), Una técnica muy utilizada y confiable para determinar de manera cuantitativa los flavonoides en matrices vegetales es el empleo de curvas estándar con compuestos de referencia, como la quercetina. En consecuencia, esta tabla es un avance crucial en el análisis cuantitativo, pues posibilita convertir los datos espectrofotométricos en valores que se expresan en unidades fiables y comparables.

Gráfico 10

Curva estándar quercetina



Nota. Elaborado por las autoras

Según la **Gráfica 10**, los hallazgos que se muestran en la curva estándar de quercetina demuestran que existe una relación directa entre la absorbancia

observada y la concentración del compuesto. La absorbancia se eleva de manera constante a medida que los niveles de concentración crecen, lo cual señala una conducta predecible y consistente del sistema analítico ante los flavonoides. Este tipo de respuesta ha sido documentado por Chang et al. (2022), quienes explican que los flavonoides como la quercetina generan una respuesta lineal en técnicas espectrofotométricas, permitiendo establecer curvas de calibración confiables.

El valor elevado del coeficiente de determinación R^2 (0,9972) refleja una excelente correlación lineal entre las variables, lo que respalda la fiabilidad del modelo generado. Según Miller & Miller (2020), un valor de R^2 cercano a 1 indica que la mayoría de la variabilidad observada en la absorbancia puede explicarse por la concentración del analito, lo cual es fundamental para la validez del análisis cuantitativo. Esta precisión estadística confirma que los valores experimentales presentan una mínima dispersión y que el modelo puede utilizarse con seguridad para interpolar concentraciones desconocidas a partir de sus absorbancias, como también lo señalan Skoog (2022), quienes destacan la importancia de la linealidad y el ajuste estadístico en métodos analíticos cuantitativos.

Además, se aprecia que los datos no presentan anomalías ni dispersión significativa, lo que indica una buena repetibilidad en las mediciones. La tendencia observada también sugiere que el sistema mantiene su respuesta lineal sin indicios de saturación ni pérdida de sensibilidad en el rango evaluado.

En otras palabras, los resultados expresados en esta curva permiten establecer una base sólida para cuantificar flavonoides totales en diferentes muestras vegetales, permitiendo comparaciones válidas y consistentes entre ellas.

Tabla 20*Flavonoides en tallo y hoja de matico*

CÓDIGO	Muestra	Absorbancia a $\lambda=425\text{nm}$	Concentración (mg/l)	Peso muestra (g)	Volúmen aforo (l)	Factor de dilución	mg Eq QE/g muestra	PROM.	SD
	TALLO MATICO	0,42	12,815	0,0510	0,001	1	0,25	0,25	0,00
		0,43	13,063	0,0510	0,001	1	0,26		
		0,42	12,815	0,0510	0,001	1	0,25		
	HOJA MATICO	0,50	14,798	0,0193	0,001	1	0,77	0,77	0,01
		0,50	14,798	0,0193	0,001	1	0,77		
		0,51	15,046	0,0193	0,001	1	0,78		

Nota. Elaborado por las autoras

La **Tabla 20**, expone los resultados del contenido de flavonoides en las muestras analizadas, específicamente en el tallo y hoja de matico. En primer lugar, se observa que el tallo presentó absorbancias entre 0,42 y 0,43, lo que equivale a concentraciones de 12,815 a 13,063 mg/l. Al aplicar los factores correspondientes de peso y volumen, se obtuvo un contenido promedio de 0,25 mg Eq QE/g de muestra, con una desviación estándar de 0,00, lo que indica gran precisión en las mediciones. Según Harborne (1998), los flavonoides tienden a concentrarse en distintas partes de las plantas dependiendo de su función metabólica y de defensa, lo cual influye directamente en los niveles registrados por métodos espectrofotométricos.

Por otra parte, la hoja de matico mostró absorbancias ligeramente más altas, entre 0,50 y 0,51, que correspondieron a concentraciones de 14,798 a 15,046 mg/l. Al realizar los mismos cálculos, se obtuvo un contenido promedio de 0,77 mg Eq QE/g, con una desviación mínima de 0,01. Este resultado es consistente con lo señalado por Treutter (2021), quien afirma que las hojas suelen contener mayores concentraciones de flavonoides, ya que estas moléculas desempeñan un papel protector frente a la radiación ultravioleta y otros factores ambientales estresantes. Además, Shirley (2024) destaca que los tejidos foliares tienen una mayor actividad biosintética de compuestos fenólicos debido a su exposición directa al entorno, lo que explicaría la diferencia significativa en el contenido entre hoja y tallo.

En consecuencia, se puede afirmar que la hoja presenta un contenido de flavonoides notablemente superior al del tallo, lo cual resulta coherente con la función fisiológica de defensa que estos compuestos cumplen en los tejidos expuestos.

4.3.3. POLIFENOLES

Tabla 21

Absorbancia $\lambda=750$ nm

C (mg/l)	Absorbancia $\lambda=750$ nm		
	Réplicas	Absorbancia	Prom.
50	1	0,16	0,17
	2	0,18	
	3	0,18	
100	1	0,20	0,21
	2	0,23	
	3	0,20	
200	1	0,44	0,43
	2	0,42	
	3	0,44	
300	1	0,65	0,63
	2	0,62	
	3	0,62	
400	1	0,85	0,86
	2	0,84	
	3	0,88	
500	1	1,06	1,07
	2	1,07	
	3	1,08	

Nota. Elaborado por las autoras

En la **Tabla 21**, se muestran los valores de absorbancia que se han conseguido a una longitud de onda de 750 nanómetros para concentraciones variadas de ácido gálico, que van desde 50 hasta 500 mg/l. Se nota que la absorbancia media sube a medida que se intensifica la concentración. La absorbancia fue de 0,17 a 50 mg/l y de 1,07 a 500 mg/l. Este comportamiento indica que hay una relación directamente proporcional entre la absorbancia medida y la concentración del patrón.

Investigaciones que aplican el método Folin-Ciocalteu para calcular la suma total de compuestos fenólicos han documentado en gran medida este tipo de relación lineal, como indican Singleton (2021). Estos autores afirman que el reactivo de Folin-Ciocalteu genera una variación cromática, la cual es proporcional a la

concentración de los compuestos presentes, al reaccionar con los grupos fenólicos. Además, Prior et al., (2023) señalan que esta metodología ofrece resultados reproducibles en un rango lineal específico, siempre y cuando se cumplan las condiciones experimentales, como el tiempo de reacción y la longitud de onda. Los resultados muestran que el método utilizado posibilita una lectura confiable en el rango analizado, lo cual asegura la validez de la curva estándar para interpolar el contenido de polifenoles en las muestras vegetales examinadas.

Tabla 22

Concentración vs. absorbancia (ácido gálico)

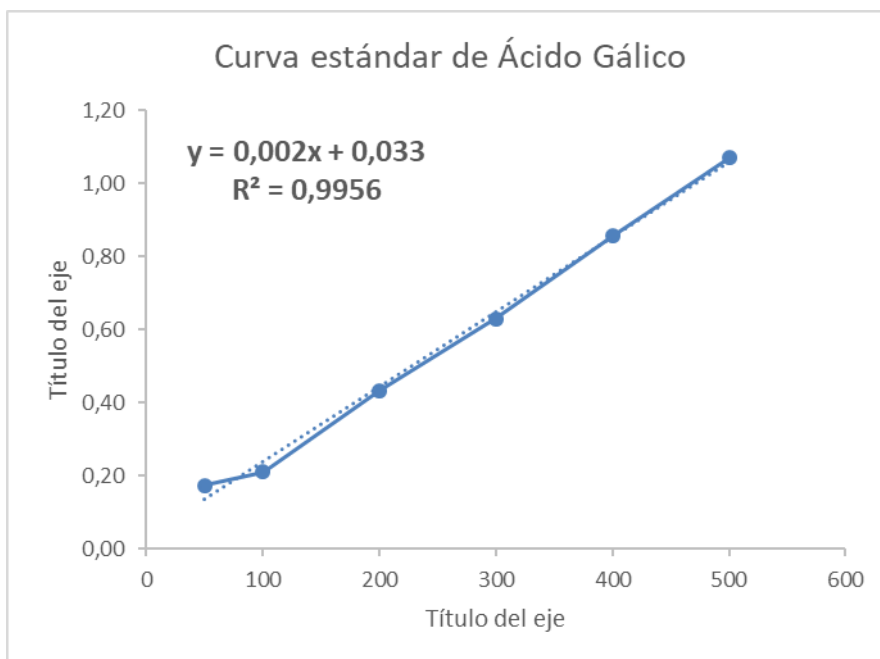
X	y
C (mg/l)	Absorbancia
50	0,17
100	0,21
200	0,43
300	0,63
400	0,86
500	1,07
PENDIENTE:	0,002048584
INTERCEPTO:	0,033004566

Nota. Elaborado por las autoras

En la **Tabla 22**, para crear la curva estándar del ácido gálico, se sintetizan las concentraciones de absorbancia y concentración. Se encontró una pendiente de 0,0020 y un intercepto de 0,0330 a partir de estos valores, lo que señala que hay una tendencia lineal claramente establecida.

Gráfico 11

Curva estándar de Ácido Gálico



Nota. Elaborado por las autoras

Según la **Gráfica 11**, los resultados que se observan en la curva estándar de ácido gálico indican una correlación lineal ascendente entre la absorbancia medida a 750 nm y la concentración del analito. Dentro del rango analizado (50 a 500 mg/l), se nota que la absorbancia va en aumento de manera gradual, lo que demuestra una conducta uniforme y predecible del sistema de medición ante el incremento de la concentración. Este comportamiento ha sido descrito por Singleton, et al., (2022), han explicado que el método de Folin-Ciocalteu produce una reacción colorimétrica que es proporcional al contenido de compuestos fenólicos. El ácido gálico se utiliza con frecuencia como patrón debido a su estabilidad y reactividad.

La pendiente positiva de 0,0020 indica una respuesta gradual, lo que sugiere una sensibilidad moderada pero constante del método en el intervalo analizado. En este sentido, Waterhouse (2021) señala que, aunque la sensibilidad del método Folin-Ciocalteu no es extremadamente alta, resulta suficiente para detectar

concentraciones comunes de fenoles en extractos vegetales, manteniendo buena linealidad. Por su parte, el intercepto positivo (0,033) puede atribuirse a una absorbancia de base generada por el reactivo o el sistema óptico, como lo menciona Ainsworth et al., (2021), quienes reportan que es común observar valores residuales bajos en ausencia de analito debido a interferencias mínimas del medio.

El coeficiente de determinación $R^2 = 0,9956$ refleja una alta correlación entre las variables, lo que confirma que la mayor parte de la variabilidad observada en la absorbancia se explica por los cambios en la concentración del ácido gálico. Esta solidez estadística valida el uso de esta curva para interpolar datos de muestras reales con un alto grado de confiabilidad, como también lo destacan Miller & Miller (2022), al establecer que un R^2 superior a 0,99 es indicativo de una curva estándar robusta y útil para análisis cuantitativos.

Los datos no muestran desviaciones ni irregularidades significativas, lo que sugiere que el sistema mantiene su precisión y linealidad a lo largo de todo el rango de concentración. Esta regularidad es fundamental para asegurar resultados cuantitativos reproducibles, como subrayan Skoog et al., (2023), quienes enfatizan que la reproducibilidad y la linealidad son características esenciales en métodos espectrofotométricos bien validados.

Tabla 23*Polifenoles en tallo y hoja de matico*

CÓDIGO	Muestra	Absorbancia $\lambda=750\text{nm}$	Concentración (mg/l)	Peso muestra (g)	Volúmen aforo (l)	Factor de dilución	mg Eq AG/g muestra	PROM.	SD
	TALLO MATICO	0,31	135,213	0,0510	0,001	1	2,65	2,56	0,10
		0,29	125,450	0,0510	0,001	1	2,46		
		0,30	130,332	0,0510	0,001	1	2,56		
	HOJA MATICO	0,22	91,280	0,0193	0,001	1	4,73	4,73	0,00
		0,22	91,280	0,0193	0,001	1	4,73		
		0,22	91,280	0,0193	0,001	1	4,73		

Nota. Elaborado por las autoras

En la **Tabla 23**, los resultados que se han obtenido de las muestras de tallo y hoja del matico son los que se presentan. Para el tallo, se halló una media de 2,56 mg Eq AG/g y una desviación estándar de 0,10. Esto indica que las réplicas tienen una ligera variabilidad.

En cambio, las hojas de matico presentaron un contenido más alto de polifenoles, con una media de 4,73 mg Eq AG/g y una desviación estándar de 0,00; esto muestra que existe gran uniformidad entre las réplicas que se analizaron.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Treutter (2005), quien explica que las hojas de las plantas suelen acumular mayores cantidades de compuestos fenólicos, ya que estos actúan como mecanismos de defensa frente a condiciones adversas como la radiación ultravioleta, la deshidratación o el ataque de patógenos. Asimismo, según Dixon & Paiva (2021), los tejidos foliares, al estar más expuestos al ambiente, inducen una mayor actividad biosintética de fenoles, lo que justifica los valores más elevados en comparación con tejidos estructurales como el tallo. Además, Ainsworth et al., (2022) indican que la distribución de polifenoles varía entre los órganos de una planta, dependiendo de su función y del grado de exposición a factores estresantes. En este sentido, el mayor contenido registrado en las hojas de *matico* sugiere una adaptación natural para proteger las células fotosintéticas, reforzando su función fisiológica como barrera antioxidante.

4.4.Determinación de la actividad antimicrobiana

Para analizar la actividad antimicrobiana del *matico* (*Piper aduncum*), se llevó a cabo un estudio de sensibilidad empleando extractos adquiridos de los tallos y las hojas. En lo que sigue, se explican las muestras obtenidas y los resultados logrados en relación con la bacteria *Escherichia coli*, empleando técnicas de difusión en pocillo y difusión en disco.

Tabla 24*Resultados sensibilidad antimicrobiana*

Tratamientos	Bacteria	Medio de cultivo	Extracto matico (hoja)	Extracto matico (Tallo)
T1	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 15µl R1 (10mm)	Disco de difusión 15µl R1 (9mm)
T2	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 15µl R2 (9mm)	Disco de difusión 15µl R2 (8mm)
T3	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 30µl R1 (13mm)	Disco de difusión 30µl R1 (9mm)
T4	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 30µl R2 (10mm)	Disco de difusión 30µl R2 (8mm)
T5	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Difusión de pozo 15µl (14mm)	Difusión de pozo 15µl (13mm)
T6	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Difusión de pozo 30µl (15mm)	Difusión de pozo 30µl (15mm)

Nota. Se utilizó alcohol al 98% para disolver la muestra

Los resultados obtenidos en la **Tabla 24**, muestran que tanto los extractos de hoja como de tallo de matico (*Salvia corrugata*) lograron inhibir el crecimiento de la bacteria *Escherichia coli*, aunque con ligeras diferencias en la efectividad según el tipo de muestra, el método usado y la cantidad aplicada.

En el método de difusión en disco, se constató que el extracto de hoja, con 30 µl, generó halos inhibitorios de hasta 13 mm; por su parte, el extracto de tallo tuvo un máximo de 9 mm. Esto sugiere que la hoja del matico tiene mayor capacidad para detener el crecimiento de bacterias en comparación con el tallo. Esta diferencia puede deberse a una mayor concentración de compuestos activos en las hojas, como los flavonoides y aceites esenciales, lo que también ha sido señalado por Herrera (2023), quien destaca que las hojas suelen contener más sustancias con efecto antimicrobiano.

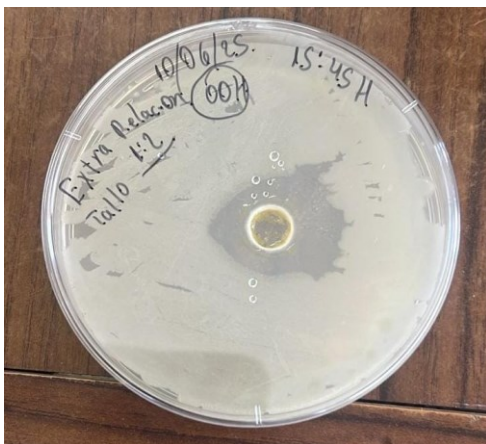
En el procedimiento de difusión en pozo, los hallazgos fueron más homogéneos porque, con 30 µl, ambos extractos alcanzaron un halo de inhibición de 15 mm. Esto indica que, al usar mayor cantidad de extracto, el efecto antimicrobiano mejora, como también menciona Cáceres (2022), quien afirma que el volumen influye directamente en la eficacia de los extractos naturales al momento de frenar el crecimiento de bacterias.

Además, el uso de *Escherichia coli* como microorganismo de prueba es adecuado, ya que esta bacteria es común en estudios de laboratorio y sirve para comprobar si un extracto tiene efecto sobre bacterias que afectan al sistema digestivo, como lo menciona Gonzales (2022). Aunque se usó alcohol al 98% como disolvente, es importante considerar que este no fue evaluado por separado, por lo que no se puede descartar totalmente su efecto en los resultados. Saltos (2024) sugiere que siempre debe incluirse un control del disolvente para asegurar que la inhibición se debe solo al extracto y no al alcohol.

En fin, los datos muestran que el matico, especialmente sus hojas, presenta una buena respuesta antimicrobiana contra *E. coli*, respaldando su uso tradicional y abriendo posibilidades para futuros estudios.

Fotografía 1.

Inhibición de E. coli por extracto de tallo de matico (método: difusión en pozo)



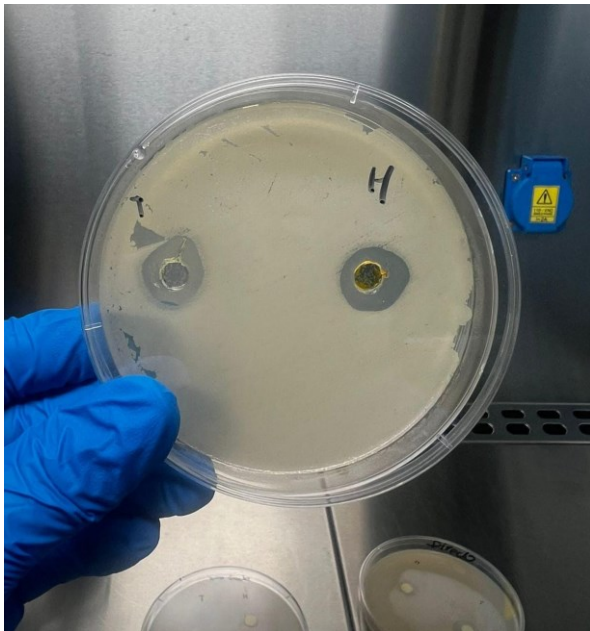
Nota. Elaborado por las autoras

En la **Fotografía 1**, se observa una Placa Petri con medio de cultivo inoculado con la bacteria *Escherichia coli*, en cuyo centro se aplicó un extracto de tallo de matico (*Piper aduncum*) bajo la relación 1:2. Es evidente un halo de inhibición en torno al pozo, lo cual muestra que el extracto fue capaz de detener el crecimiento de las bacterias. Los resultados de la evaluación de sensibilidad concuerdan con este hallazgo; en ella, el extracto del tallo demostró halos de hasta 15 mm al aplicar 30 µl por medio del método de difusión en pozo.

La presencia de este halo confirma que el extracto posee actividad antimicrobiana, aunque, según los resultados generales, dicha actividad fue ligeramente menor en comparación con los extractos de hoja. No obstante, la imagen evidencia que, al aumentar el volumen aplicado, el extracto de tallo también puede generar una respuesta efectiva contra *E. coli*, respaldando su potencial uso como agente antimicrobiano natural.

Fotografía 2.

Difusión en disco con extractos de matico frente a E. coli



Nota. Elaborado por las autoras

En la segunda **Fotografía 2**, se puede ver una placa Petri con medio de cultivo inoculado con *Escherichia coli*, a la cual se le hicieron dos tratamientos de extracto

de matico utilizando el procedimiento de difusión en disco. En ambos casos se evidencian halos de inhibición claros y definidos alrededor de los discos, lo cual indica que el extracto impidió el crecimiento bacteriano en esas zonas. Esta observación concuerda con las conclusiones del análisis de sensibilidad, en el que se anotaron halos de hasta 13 mm para el extracto de hoja y 9 mm para el de tallo cuando se empleó el método de difusión en disco con volúmenes de 30 µl. La imagen también sugiere que uno de los discos podría corresponder al extracto de hoja, ya que presenta un halo más amplio, reforzando la conclusión de que esta parte de la planta tiene mayor capacidad antimicrobiana que el tallo. Estos resultados apoyan la evidencia experimental previa y destacan que, aunque ambos extractos fueron efectivos, las hojas mostraron mejor respuesta frente a *E. coli*, posiblemente por su mayor concentración de compuestos bioactivos como flavonoides y aceites esenciales.

4.5. Discusión

Dentro de la caracterización de la materia prima se encontró que la humedad en la hoja de matico fue de 76,89% y en el tallo de 83,49%, siendo el tallo quien presentó mayor humedad influyendo en el tiempo de secado y en la eficiencia de extracción. Tytuaña et al. (2018) mencionan que en su investigación durante la caracterización de materia prima de la hoja y el tallo de matico encontraron que el tallo presenta mayor contenido de humedad 83,49% comparado con la hoja 76,89%, los cuales coinciden con la investigación que el tallo tiene mayor humedad que la hoja en *Salvia corrugata*.

Por otra parte, las hojas de matico presentaron 89,15% de cenizas y el tallo 88,19% siendo las hojas ligeramente más minerales y el pH en la hoja fue de 5,44, en el tallo de 5,74 obteniendo un rango ácido suave, favorable para la estabilidad de metabolitos. Ore Areche et al. (2021) aluden que las hojas de matico presentan mayor contenido de cenizas ligeramente superior a 87,11% en comparación al tallo con 79,21% y que el pH de *Salvia corrugata* es ácido suave siendo factores

favorables para la estabilidad y potencial actividades de los metabolitos del matico en los procesos de extracción y formulación.

Con el análisis de ANOVA se encontró que el efecto fue significativo en el material vegetativo con $p=0,0070$ con un rendimiento en la hoja de 0,585 g y en el tallo de 0,365 g, siendo las hojas con mayor rendimiento de 60% de extracto que el tallo. Según Anda De La Rosa et al. (2024) afirma que los resultados mencionados coinciden con las investigaciones de otros estudiantes durante el estudio de matico donde obtuvieron mayor rendimiento de extracción en las hojas comparado con otras partes incluyendo el tallo y que la mayor parte de concentración de compuesto bioactivos y condiciones físicas que favorecen la extracción.

Los principios bioactivos identificados (GC-MS) en las hojas a 200 Bar con mayor compuesto de 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl con 43,05% y a 400 Bar con mayor compuesto 3-Buten-2-ol con 42,4%. Con respecto al tallo a 200 Bar con compuesto mayor 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl con 57,7%. Pooja (2025) menciona que los estudios coinciden con el análisis por GC-MS porque es una técnica confiable y permite identificar los compuestos bioactivos en extractos de plantas medicinales como el matico (*Salvia corrugata*) y que detecta compuestos con posibles efectos farmacológicos y que con respecto al compuesto 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl y 3-Buten-2-ol, no hay muchos reportes exactos con estos mismos compuestos mayoritarios en matico.

En la actividad antimicrobiana tuvo mayor inhibición frente a *Escherichia coli* en extractos de hojas a 400 Bar con presencia de terpenoides oxigenados. Según Mompié et al. (2014) indican que los extractos de hojas de matico a 400 Bar muestran mayor inhibición frente a *Escherichia coli*, con presencia de terpenoides oxigenados y que coincide con estudios recientes que valoran la actividad antimicrobiana del *Piper aduncum*.

Según Belattar et al. (2021) afirma que un microorganismo se considera altamente sensible al extracto si el diámetro de inhibición que está entre 20 a 35 mm, un rango

entre 16 a 19 mm se clasifica como respuesta intermedia, con un diámetro menor de 15 mm sugiere resistencia al extracto, o el extracto posee una actividad inhibitoria débil y en un estudio específico, el halo de inhibición máximo alcanzó 18.7 mm con la mayor concentración de extracto.

Es prudente verificar las políticas nacionales sobre agricultura, sanidad vegetal, así como las regulaciones fitosanitarias y de calidad con respecto a las plantas medicinales o aromáticas en el país de cultivo. Estas políticas pueden contener disposiciones para Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), certificación orgánica o licencias para medicamentos a base de hierbas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se caracterizó la materia prima de las hojas y tallo del matico (*Salvia corrugata*) los cuales presentaron niveles altos de humedad con mayor porcentaje en el tallo con 83,49% y de 76,89% en las hojas, siendo que el tallo necesitaba mayor tiempo de secado y diferencias en la eficiencia de extracción. Por otra parte, el contenido de cenizas fue mayor en la hoja con 89,15% y de 88,19% en el tallo y se encontró mayor presencia de minerales en el tejido foliar, el pH tuvo un rango ácido suave con valores de 5,44 en las hojas y de 5,74 en el tallo siendo rango adecuado para la preservación de compuestos bioactivos.

Se concluye que el análisis estadístico evidenció que el tipo de material vegetal si influye de manera significativa en el rendimiento de extracción, las hojas fueron las que producen mayor cantidad de extracto (0,585 g) en comparación del tallo (0,365 g). Asimismo, las extracciones de 200, 300 y 400 Bar no se encontró diferencias significativas en el rendimiento.

Se determina que la caracterización y cuantificación de los principios bioactivos (GC-MS) en las hojas a 200 Bar el compuesto mayor fue 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl con 43,05%. Sin embargo, a 400 Bar el compuesto que predominó fue el 3-Buten-2-ol con 42,4% y en el tallo a 200 Bar el compuesto principal fue el 2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl con 57,7% siendo el hidrocarburo volátil con mayor porcentaje.

Los extractos presentaron inhibición frente a *Escherichia coli*, siendo los de 400 Bar en las hojas los cuales presentaron mayor zona de inhibición en *Salvia corrugata*, dicho comportamiento es asociado por la presencia de terpenoides oxigenados y otros compuestos bioactivos que incrementan la solubilidad y concentración a mayor presión de extracción.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda que se mantenga el contenido de humedad de la materia prima de matico (*Salvia corrugata*) por debajo del 15% antes de la extracción con la finalidad de optimizar la eficiencia del proceso de los compuestos bioactivos.

Se sugiere que se ree el uso de las hojas como materia prima para ofrecer un mayor rendimiento en el tallo y utilizar presiones bajas a 200 Bar para mantener un perfil volátil más simple, o presiones más altas a 400 Bar si el estudiante busca mayor complejidad y bioactividad en el extracto.

Se aconseja establecer perfiles químicos de referencia para cada condición de extracción para facilitar la estandarización del producto y realizar estudios complementarios para evaluar la estabilidad en los compuestos mayoritarios.

Se recomienda potenciar el uso de extractos de hojas obtenidos a 400 Bar en las formulaciones con aplicación antimicrobiana frente a *E. coli* y ampliar las pruebas de actividad antimicrobiana a otras bacterias Gram positivas y Gram negativas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abril Ibarra, Z. (2021). Antioxidantes producidos por microorganismos acuáticos y terrestres con uso potencial en cosméticos. *Actualidades Biológicas*, 44(116), 1-19. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v44n116a02>
- Alucho, M., & Muyulema, E. (2024). *Extracción de aceite de semillas de mamey (Pouteria sapota) a partir de los metodos, fluidos supercríticos y prensado en frio, para la elaboración de un producto agroindustrial*. <https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6215c1bb-18b6-4f4f-a903-9e078085f04d/content>
- Álvarez, F. (2021). *Propuesta de ordenanza municipal para la conservación de la biodiversidad, recursos naturales, ecosistemas frágiles y zonas de importancia hídrica del cantón Cuenca* [Master's Thesis, Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10868>
- Anda De La Rosa, N. F., Bravo Loor, D. M., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Cedeño Narváez, A. S., Espinoza Farías, J. G., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Pazmiño Panta, N. A., & Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. (2024). Evaluación de rendimiento de extractos acuosos de Albahaca (*Ocimum Sanctum*) por tres métodos de extracción. *Revista de Investigación Talentos*, 11(1), 79-87. <https://doi.org/10.33789/talentos.11.1.198>
- Araya, N., Leiva-Soto, M. A., Bruna, M. V., Castro-Munoz, A., Behrend-Keim, B., Moraga-Espinoza, D., & Bahamondez-Canas, T. F. (2022). Formulation of water-soluble *Buddleja globosa* Hope extracts and characterization of their antimicrobial properties against *Pseudomonas aeruginosa*. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 921511. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2022.921511/full>
- Belattar, H., Himour, S., & Yahia, A. (2021). *Cribado fitoquímico y evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto metanólico de Ficus carica*. 12.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*.

<https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:69406/Description>

- Chandana, M. R., Goswami, A. K., Rana, V., Kumar, C., Singh, S. K., Goswami, S., Bhist, D. S., Chinnusamy, V., Mishra, G. P., Mishra, J., Janardhan, J. P., & Sushravya, M. K. (2025). *Unravelling the Physicochemical and Antioxidant Profiles of Guava Genotypes Across Developmental Stages and Seasonality* (SSRN Scholarly Paper No. 5097412). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5097412>
- Coronel, J. (2020). Conceptualización de un Modelo de Estrategia Nacional 'Bosques para Ecuador', en el marco de la Política Forestal Internacional. *Observatorio Medioambiental*, 23, 21. <https://pdfs.semanticscholar.org/b0b5/742a51b28e8dcc2b2d17e700d90a86eae2b.pdf>
- Creative Commons Attribution. (2024). «Salvia corrugata». *Tropicos.org. Missouri Botanical Garden*. <http://www.tropicos.org/Name/17601174>
- Díaz, M. (2022). *Estudio de la fracción volátil de ciertas especies comunes del mediterráneo. Influencia del secado en su aroma*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=71419>
- Escuela, N. (2017). *Nepeta teydea Webb & Berthel. Caracterización estructural y cinética de la respuesta estrés lumínico. Desarrollo de un modelo biológico de detección de cambio climático*. [PhD Thesis, Universidad de La Laguna (Canary Islands, Spain)]. <https://search.proquest.com/openview/4835f66898186149fa39197eb55b5138/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Gomes, P. B., Mata, V. G., & Rodrigues, A. E. (2007). Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 41(1), 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2006.08.018>
- Grefa, S. (2021). *Descripción e identificación de las características organolépticas y anatómicas de la madera de cinco especies forestales comerciales, procedentes del cantón Loreto, provincia de Orellana*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15827>

- Gutiérrez, M., & Portal, D. (2021). *Uso tradicional de las plantas medicinales de Sonchus oleraceus less "cerraña" y Jungia rugosa less "Matico de puna" en pobladores del Centro Poblado "Tartar", Distrito de Baños del Inca, Región Cajamarca*. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1506>
- Herrero, M., Mendiola, J. A., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2010). Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications. *Journal of Chromatography a*, 1217(16), 2495-2511. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967309018056>
- Lagos, G. (2020). *Efectividad Del Uso Local De La Infusión De Buddleja Globosa Hope (Matico) En La Cicatrización De Episiografía En Púerperas Atendidas En El Hospital Regional Hermilio Valdizán Medrano Diciembre 2018-Enero 2019*. <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2332/LAGOS%20SOTO%2C%20Gisela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Li, S. (2011). Chemical Composition and Product Quality Control of Turmeric (*Curcuma longa* L.). *Pharmaceutical Crops*, 5(1), 28-54. <https://doi.org/10.2174/2210290601102010028>
- Marquez, J. (2024). *Evaluación del rendimiento, composición química y actividad antioxidante de aceite de semilla de zapote (Pouteria sapota) extraído por CO2 supercrítico y solvente*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/11840>
- Martínez, A., & Porras, L. (2021). *Mejorando las habilidades en la lectura interpretada del antibiograma*. https://fapap.es/files/639-2028-RUTA/07_mejorandohabilidades.pdf
- Mompíe, A. C., Sanchez, Y. M. P., CunhaNune, L. C., & Aguila, C. (2014). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de hojas y semillas de Morinda citrifolia L. (noni)*.
- Navarro, A., Fernández, D., & Macho, M. (2017). *Investigación de Escherichia Coli productor de toxinas Shiga (STEC) en carnes y derivados cárnicos*. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712017000300147

- Nematollahi, N., Weinberg, J. L., Flattery, J., Goodman, N., Kolev, S. D., & Steinemann, A. (2021). Volatile chemical emissions from essential oils with therapeutic claims. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *14*(3), 365-369. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00941-4>
- Ore Areche, F., Ticsihua Huaman, J., Ruiz Rodríguez, A., & Corilla Flores, D. D. (2021). Piper aduncum L. (matico) utilizado como tratamiento para el daño pulmonar y Covid-19. *Revista Vive*, *4*(12), 534-549. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i12.111>
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant Polyphenols as Dietary Antioxidants in Human Health and Disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2*(5), 270-278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Peralvo, M. (2021). *Efecto de la tintura de matico (buddleja globosa) para el tratamiento de gingivitis en caninos domésticos (canis lupus familiaris)* [Master's Thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7767>
- Pooja, R. C. (2025). GC-MS Analysis of Bio-Active Compounds in Hydroethanolic Extract of *Caesalpinia sappan*. *Pharmacognosy Research*, *17*(1), 307-312. <https://doi.org/10.5530/pres.20251348>
- Quiñonez, D., Bentacourt, Y., Carmons, Y., Pereda, N., Álvarez, S., Soe, M., & Kobayashi, N. (2020). Escherichia coli extraintestinal, resistencia antimicrobiana y producción de betalactamasas en aislados cubanos. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v72n3/1561-3054-mtr-72-03-e605.pdf>
- Sánchez, V., & Méndez, N. (2013). *Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad*. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2013/ms133e.pdf>
- Salambay, E. (2023). *Evaluación de la composición florística del bosque siempre verde como indicador del estado de intervención, en la zona de protección hídrica Quinllunga, provincia de Bolívar*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/21613>
- Sánchez, E., Pérez, A., Chávez, D., & Rodríguez, C. (2015). Caracterización farmacognóstica de *Salvia officinalis* L. *Rev Cubana Plant Med*, *10*(1).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962005000100005

- Seaone, E., & Arriba, S. (2019). *Diagnóstico y manejo de las inmunodeficiencias primarias en niños*.
https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/28_imunodeficiencias_primarias.pdf
- Serra Bisbal, J. J., Melero Lloret, J., Martínez Lozano, G., & Fagoaga, C. (2020). Especies vegetales como antioxidantes de alimentos. *Nereis. Interdisciplinary Ibero-American Journal of Methods, Modelling and Simulation.*, 12, 71-90. https://doi.org/10.46583/nereis_2020.12.577
- Taipe, F., Huaraca, R., Merino, I., Flores, N., Agreda, H., & Quispe, S. (2023). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales. *Revista Alfa*, 7(21), 547-559. <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/295>
- Tasambay, A. (2018). *Determination of the chemical composition of the essential oil from Arazá (Eugenia stipitata) leaf residues and possible agroindustrial applications Determinación de la composición química del aceite esencial de residuos de hojas de Arazá (Eugenia stipitata) y posibles aplicaciones agroindustriales* Citación sugerida: Tasambay Salazar, AM, Hidalgo Olmedo, BG, Rivera Barreto, JL, Luna Fox, SB y Rivera Barreto, JL (2025). *Determinación de la composición química del aceite esencial de residuos de hojas de Arazá (Eugenia stipitata) y posibles aplicaciones. La Técnica*, 15 (1), 9-20. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v15i1.7000> Recibido: Septiembre 20, 2024 Aceptado: Noviembre 27, 2024. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/7000/9577>
- Tohfa, S., Mohammad, U., Vikram, S., & Komal, G. (2024). *Terpenoids in essential oils: Chemistry, classification, and potential impact on human health and industry*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667031324000277>
- Tytuaña, G., Córdova, I., Tobar, M., & Lascano, A. (2018). *Estudio del proceso de obtención de extractos de plantas medicinales*.

Zevallos, C., Bautista, J., Ojanama, F., Apolinario, K., Arana, D., Gómez, R., Gutiérrez, M., Muñoz, C., Murrieta, D., & Oliva, A. (2022). Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas el Piper aduncum L.(matico) para aliviar diversas enfermedades: Pharmacological properties and therapeutic indications of Piper aduncum L.(matico) to relieve various diseases. *Investigación Universitaria UNU*, 12(1), 766-774. <http://www.revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/73>

ANEXOS

ANEXO 1

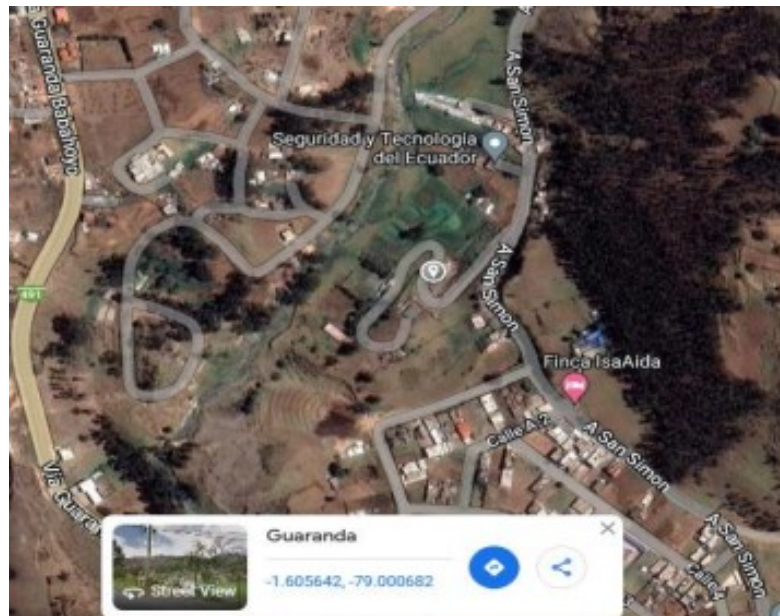
Mapa y coordenadas del laboratorio de vinculación de la UEB



Nota: Toma de la ubicación mediante "Google Maps"

ANEXO 2

Mapa y coordenadas del laboratorio general de la UEB



Nota: Toma de la ubicación mediante "Google Maps"

ANEXO 3

Glosario de términos técnicos

Actividad Antimicrobiana: Capacidad de un extracto o compuesto para inhibir el crecimiento o eliminar microorganismos patógenos.

Antibiograma: Prueba microbiológica que determina la sensibilidad o resistencia de una bacteria frente a diferentes antibióticos o extractos naturales.

Antioxidantes: Moléculas capaces de neutralizar radicales libres, evitando el daño celular y el estrés oxidativo.

Bioactivos (Principios Bioactivos): Compuestos naturales presentes en plantas que ejercen efectos biológicos benéficos, como flavonoides, polifenoles o aceites esenciales.

Cromatografía de Gases (GC): Técnica analítica utilizada para separar e identificar compuestos volátiles en una mezcla.

Espectrometría de Masas (MS): Técnica que determina la estructura molecular y masa de los compuestos químicos, frecuentemente acoplada a la cromatografía de gases (GC-MS).

Extractos Vegetales: Sustancias obtenidas al someter materiales vegetales (hojas, tallos, raíces) a procesos de extracción para concentrar sus compuestos bioactivos.

Metabolitos Secundarios: Sustancias producidas por las plantas que no participan directamente en su crecimiento, pero cumplen funciones de defensa y atracción; incluyen alcaloides, flavonoides y terpenos.

Rendimiento de Extracción (%): Relación entre la cantidad de extracto obtenido y el peso inicial del material vegetal, expresada en porcentaje.

Zona de Inhibición: Área circular sin crecimiento bacteriano alrededor de un extracto o antibiótico en una placa de cultivo; mide la efectividad antimicrobiana.

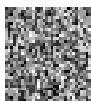
ANEXO 4

Resultados del análisis de Humedad, PH, Cenizas

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA <small>Lagunillas II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Página	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS N°206

		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
Solicitante		María Angamarca – Dayanara Flores			
Muestra		Hojas de matico – Tallo de matico			
Código asignado UEB		INV399 – INV400			
Estado de la muestras		Fresco			
Envase de recepción		Bolsas metalizadas			
Análisis requerido(s)		Humedad , pH , ceniza			
Fecha de recepción		28 de abril del 2025			
Fecha de análisis		08 – 21 de mayo del 2025			
Fecha de informe		10 de julio del 2025			
Técnico (s) asignado		MPWF			
RESULTADOS OBTENIDOS					
Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV399	Hojas de matico	Ceniza	%	AOAC 923.03	10,84
		pH	-----	NTE INEN 526:2012	5,44
		Humedad	%	AOAC 925.10	76,89
INV400	Tallo de matico	Ceniza	%	AOAC 923.03	11,80
		pH	-----	NTE INEN 526:2012	5,74
		Humedad	%	AOAC 925.10	83,49




LEIDRO FAVIÁN BAYAS
INVESTIGADOR

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

ANEXO 5

Resultados del análisis de Actividad Antimicrobiana

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


Guaranda, 12 de junio del 2025

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Angamarca Sosa María del Carmen Flores Suárez Dayanara de Los Ángeles
Muestras	Extractos de Matico
Código asignado UEB	INV 176
Estado de la muestra	Resinoso
Envase de recepción	Frascos estériles
Análisis requerido(s)	Análisis de la sensibilidad antimicrobiana con los extractos de matico
Fecha de recepción	9 de junio del 2025
Fecha de análisis	9 de junio del 2025
Fecha de informe	12 de junio del 2025
Técnico asignado	SXSJ

Resultados sensibilidad antimicrobiana

Fecha	Bacteria	Medio de cultivo	Extracto matico (hoja)	Extracto matico (Tallo)
12/06/2025	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 15µl R1 (10mm)	Disco de difusión 15µl R1 (9mm)
12/06/2025	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 15µl R2 (9mm)	Disco de difusión 15µl R2 (8mm)
12/06/2025	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 30µl R1 (13mm)	Disco de difusión 30µl R1 (9mm)
12/06/2025	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Disco de difusión 30µl R2 (10mm)	Disco de difusión 30µl R2 (8mm)
12/06/2025	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Difusión de pozo 15µl (14mm)	Difusión de pozo 15µl (13mm)
12/06/2025	<i>Escherichia coli</i>	Mueller hintón	Difusión de pozo 30µl (15mm)	Difusión de pozo 30µl (15mm)

Nota. Se utilizó alcohol al 98% para disolver la muestra.


Elaborado


Ing. Santiago Santos Jara, MSc.


Revisado

Ing. Favian Bayas Morejón, Ph.D.

ANEXO 6



Resultados del análisis de Polifenoles, Flavonoides, Actividad Antioxidante

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

INFORME DE ENSAYOS N° 190


DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
Solicitante:	Maria del Carmen Angamarca Sosa - Dayanara de los Angeles Flores Suarez				
Muestra:	Extracto de tallo y hoja de matico obtenido mediante SFC				
Código asignado UEB:	INV 367, INV 368				
Estado de la muestra:	Sólida				
Envase de recepción:	Tubo de vidrio con 0,5 g aprox. de contenido de muestra				
Análisis requerido(s):	Polifenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante				
Fecha de recepción:	16 de junio de 2025				
Fecha de análisis:	16 al 18 de junio de 2025				
Fecha de informe:	20 de junio de 2025				
Técnico (s) asignado:	MFQM				
RESULTADOS OBTENIDOS					
Código de laboratorio	Muestra	Análisis	Método de análisis	Unidad	Resultado
INV 367	Extracto de tallo de matico obtenido por SFC	Polifenoles Totales	Folin Ciocalteu	mg Eq AG/g muestra	2,56
INV 368	Extracto de hojas de matico obtenido por SFC				4,73
INV 367	Extracto de tallo de matico obtenido por SFC	Flavonoides Totales	Kumazawa et al., (2004)	mg Eq QE/g muestra	0,25
INV 368	Extracto de hojas de matico obtenido por SFC				0,77
INV 367	Extracto de tallo de matico obtenido por SFC	Actividad antioxidante	ABTS (Acido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina)-6- sulfónico)	μmol ET/g muestra	107,68
INV 368	Extracto de hojas de matico obtenido por SFC				274,32

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.



Ing. Favian Bayas PhD.
Director DIVIUEB

ANEXO 7

Resultados del análisis de Cromatografía

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

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 B	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 250°C; Modo de inyección: Split 40:1. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C durante 1 minuto, se incrementó de 60°C a 100°C con una rampa de temperatura de 3°C/min durante 2 min; posteriormente se incrementó de 100°C a 160°C a razón de 2°C /min durante 5 min; finalmente la temperatura se elevó de 160°C a 280°C a razón de 5°C/min durante 15 min. Tiempo total de corrida: 90.333 minutos; Temperatura del detector: 280°C	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,094	0,48
2	Germacrene D	29,646	15,20
3	benzene, 2-(butenyl)-5-(1,1-dimethylethyl)-1,3-dimethyl-	39,985	3,69
4	3,4-Dihydro-2H-1-benzopyran	62,019	0,70
5	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,8,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one (drimenin)	62,378	5,27
6	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,047	43,05
7	Drimenol	68,062	6,94
8	3-Buten-2-ol, 3-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-	68,356	9,08
9	Eicosane	71,529	3,72
10	Nonadecane	74,369	7,23
11	Tetra siloxane, decamethyl-	74,855	0,84
12	Octadecane	77,218	3,8

Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14.L.




ERIKA CORTÉS ROJAS
CORTÉS ROJAS

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



FAVIAN BAYAS MOREJÓN
BAYAS MOREJÓN

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVUEB
REVISADO

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

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 B	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 250°C; Modo de inyección: Split 40:1. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C durante 1 minuto, se incrementó de 60°C a 100°C con una rampa de temperatura de 3°C/min durante 2 min; posteriormente se incrementó de 100°C a 160°C a razón de 2°C /min durante 5 min; finalmente la temperatura se elevó de 160°C a 280°C a razón de 5°C/min durante 15 min. Tiempo total de corrida: 90.333 minutos; Temperatura del detector: 280°C	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,093	0,77
2	Germacrene D	29,636	5,73
3	benzene, 2-(butenyl)-5-(1,1-dimethylethyl)-1,3-dimethyl-	39,984	1,27
4	Phytol	60,712	1,13
5	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a.,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one (drimenin)	62,379	5,83
6	2,4-Heptadieno, 2,6-dimethyl-	64,042	54,77
7	Drimenol	68,059	7,05
8	3-Buten-2-ol, 3-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-	68,356	13,22
9	Eicosane	71,525	2,8
10	Nonadecane	74,368	4,7
11	Tetrasiloxane, decamethyl-	74,855	0,99
12	Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	77,214	1,73

Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14. L.



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



Ing. Favian Bayas Monsión PhD.
 Director DIVUEB
REVISADO

	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Lagucoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG13-01
		INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
			Año	2022
			Página	Página 2 de 2

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 B	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 250°C; Modo de inyección: Split 40:1. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C durante 1 minuto, se incrementó de 60°C a 100°C con una rampa de temperatura de 3°C/min durante 2 min; posteriormente se incrementó de 100°C a 160°C a razón de 2°C /min durante 5 min; finalmente la temperatura se elevó de 160°C a 280°C a razón de 5°C/min durante 15 min. Tiempo total de corrida: 90.333 minutos; Temperatura del detector: 280°C	
N°	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexano, (1-methylethyl)-	6,093	1,07
2	6-Methyl-3,5-heptadieno-2-ona	61,743	1,8
3	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a.,6,7,8,9,9a,9b-octahidro-6,8,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-ona (drimanol)	62,366	1,39
4	2,4-Heptadieno, 2,6-dimethyl-	64,006	20,34
5	Ethanol, 2-bromo-	66,106	1,21
6	Drimanol	68,059	11,37
7	3-Buten-2-ol, 3-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-	68,373	42,4
8	Eicosano	71,524	2,66
9	Nonadecano	74,367	9,36
10	2-Methyl-7-phenylindole	74,643	0,6
11	Cyclotrisiloxano, hexamethyl-	75,714	1,3
12	Cyclotrisiloxano, hexamethyl-	77,21	2,92
13	Cyclotrisiloxano, hexamethyl-	80,147	1,62
14	2-Methyl-7-phenylindole	83,234	1,95

Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14.L.



UNIVERSIDAD ECUATORIANA
BOLÍVAR

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



UNIVERSIDAD ECUATORIANA
BOLÍVAR

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVUEB
REVISADO

 UNIVERSIDAD ESTADAL DEL BALAM	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	Código	FPG12-01
		Lagacoto I, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guarandá, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
		INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
			Página	Página 2 de 2

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 B	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 250°C; Modo de inyección: Split 40:1. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C durante 1 minuto, se incrementó de 60°C a 100°C con una rampa de temperatura de 3°C/min durante 2 min; posteriormente se incrementó de 100°C a 160°C a razón de 2°C /min durante 5 min; finalmente la temperatura se elevó de 160°C a 280°C a razón de 5°C/min durante 15 min. Tiempo total de corrida: 90.333 minutos; Temperatura del detector: 280°C	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Solaneol	62,024	0,89
2	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,8,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,8,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one-dimerin	62,396	10,7
3	2,4-Heptadieno, 2,6-dimethyl-	64,072	57,7
4	1R,4S,7S,11R-2,2,4,8-Tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-8-eno	64,38	0,76
5	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,064	6,38
6	Drimerol	68,356	7,12
7	2,4-Heptadieno, 2,4-dimethyl-	69,95	0,55
8	Cedran-diol, (8S,14)-	70,073	0,98
9	Eicosano	71,524	3,77
10	Nonadecano	74,367	3,69
11	Lupeol	84,49	7,46


Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14.L.



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



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIMUEB
REVISADO

 UNIVERSIDAD ECUATORIANA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Legajo 02 II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	PPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2025
		Página	Página 2 de 2

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 B	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 250°C; Modo de inyección: Split 40:1. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C durante 1 minuto, se incrementó de 60°C a 100°C con una rampa de temperatura de 3°C/min durante 2 min; posteriormente se incrementó de 100°C a 160°C a razón de 2°C /min durante 5 min; finalmente la temperatura se elevó de 160°C a 280°C a razón de 5°C/min durante 15 min. Tiempo total de corrida: 90.333 minutos; Temperatura del detector: 280°C	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,093	0,86
2	3-Hydroxy-α-ionene	61,75	2,2
3	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a.,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one (drimenin)	62,37	2,06
4	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,011	22,93
5	2,4,8,8-Tetramethyldecahydrocyclopropa[d]naphthalene	66,109	1,27
6	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,061	10,22
7	Drimenol	68,383	45,14
8	Eicosane	71,52	1,32
9	Nonadecane	74,364	4,58
10	Heptasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13-tetradecamethyl-	77,213	3,3
11	Octasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11,13,13,15,15-hexadecamethyl-	80,136	1,71
12	Lupeol	84,481	4,42

Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14.L.




ERIKA CORTÉS ROJAS
M.Sc.

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



FAVIAN BAYAS MOREJÓN
PhD.

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVUEB
REVISADO

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

EQUIPO		GC AGILENT TECHNOLOGIES 7890 B	
DETECTOR		AGILENT TECHNOLOGIES 5977A MSD	
COLUMNA		Columna HP-5MS (30m x 0.250mm x 0.25µm)	
MÉTODO CROMATOGRÁFICO		Temperatura del inyector: 250°C; Modo de inyección: Split 40:1. Programa térmico: Temperatura del horno 60°C durante 1 minuto, se incrementó de 60°C a 100°C con una rampa de temperatura de 3°C/min durante 2 min; posteriormente se incrementó de 100°C a 160°C a razón de 2°C /min durante 5 min; finalmente la temperatura se elevó de 160°C a 280°C a razón de 5°C/min durante 15 min. Tiempo total de corrida: 90.333 minutos; Temperatura del detector: 280°C	
Nº	Compuesto	Tiempo de retención (min)	Área (%)
1	Cyclohexane, (1-methylethyl)-	6,093	0,52
2	Sclareol	62,016	0,71
3	(5a.alpha.,9a.beta.,9b.beta.)-5,5a,6,7,8,9,9a,9b-octahydro-6,6,9a-trimethylnaphtho[1,2-c]furan-1-(3H)-one Drimerin	62,385	7,6
4	2,4-Heptadiene, 2,6-dimethyl-	64,056	54,06
5	(2,5,5,8a-Tetramethyl-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1-naphthalenyl)methanol #	68,065	8,67
6	Drimerol	68,367	15,9
7	Cedran-diol, (8S,14)-	70,073	1,03
8	Eicosane	71,521	2,17
9	Nonadecane	74,362	2,28
10	Lupeol	84,491	7,06

Los compuestos fueron identificados con la Librería NIST14.L.



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



Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
REVISADO

ANEXO 8

Selección de materia prima



ANEXO 9

Pesado de tallo de matico



ANEXO 10

Pesado hoja de matico



ANEXO 11

Secado hoja y tallo de matico



ANEXO 12

Tallo molido



ANEXO 13

Medición de pH en hoja y tallo de matico



ANEXO 14

Extracción de fluidos super críticos



ANEXO 15

Actividad antimicrobiana



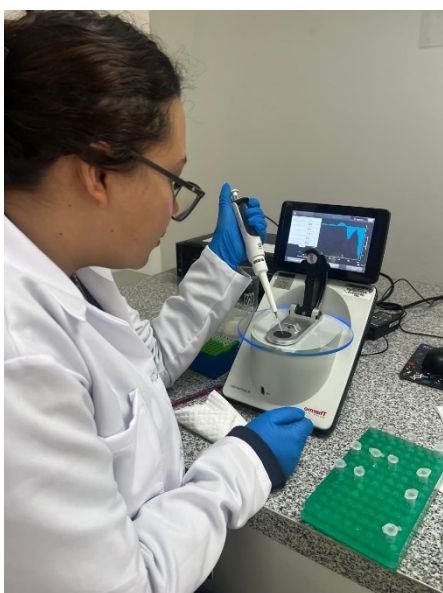
ANEXO 16

Extracto obtenido de tallo y hoja de matico



ANEXO 17

Análisis de fenoles, flavonoides y polifenoles de tallo y hoja de matico



ANEXO 18

Análisis de cromatografía

