

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
Programa de Doctorado en Ingeniería de Alimentos



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**Actividad biológica *in vitro* y composición química de
aceites esenciales extraídos de especies vegetales de la
Provincia de Jaén - Cajamarca**

Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería de alimentos

Autor:

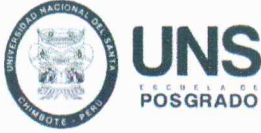
Mg. Fernández Rosillo, Frank
Código ORCID: 0000-0001-8776-2689

Asesora:

Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
DNI. N° 19096335
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

Línea de investigación
Innovación Tecnológica y Valoración Bioquímica

Nuevo Chimbote - PERÚ
2024



CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO

Yo, Elza Berta Aguirre Vargas, mediante la presente doy conformidad de mi asesoramiento de la tesis doctoral titulada: **Actividad biológica *in vitro* y composición química de aceites esenciales extraídos de especies vegetales de la Provincia de Jaén – Cajamarca**, que tiene como autor al **Bach. Mg. Fernández Rosillo, Frank**, que ha sido elaborado de acuerdo con el Reglamento de Normas y Procedimientos para obtener el grado de **Doctor en Ingeniería de Alimentos** en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, setiembre de 2024

Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta

Asesora

Código ORCID: 0000-0003-1659-9874

DNI N°. 19096335


AVAL DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Tesis doctoral titulada: **Actividad biológica *in vitro* y composición química de aceites esenciales extraídos de especies vegetales de la Provincia de Jaén – Cajamarca**, que tiene como autor al **Bach. Mg. Fernández Rosillo, Frank**


Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:



Dr. Símpalo López, Wilson Daniel
Presidente
DNI: 40186130
Código ORCID: 0000-0002-8397-7145



Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel
Secretario
DNI: 18146173
Código ORCID 0000-0003-4326-1852



Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
Vocal
Código ORCID: 0000-0003-1659-9874
DNI N°. 19096335



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los tres días del mes de setiembre del año 2024, siendo las 10:00 horas, en el aula P-01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 428-2024-EPG-UNS de fecha 20.08.2024, conformado por los docentes: Dr. Wilson Daniel Símpalo López (Presidente), Dr. Daniel Angel Sanchez Vaca (Secretario) y Dra. Elza Berta Aguirre Vargas (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada "**ACTIVIDAD BIOLÓGICA IN VITRO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ACEITES ESENCIALES EXTRAÍDOS DE ESPECIES VEGETALES DE LA PROVINCIA DE JAÉN – CAJAMARCA**"; presentado por la tesista Frank Fernández Rosillo, egresado del programa de Doctorado en Ingeniería de Alimentos.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 449-2024-EPG-UNS de fecha 02 de setiembre de 2024.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO, asignándole la calificación de DIECINUEVE.

Siendo las 12:00 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.


Dr. Wilson Daniel Símpalo López
Presidente


Dr. Daniel Angel Sanchez Vaca
Secretario


Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
Vocal

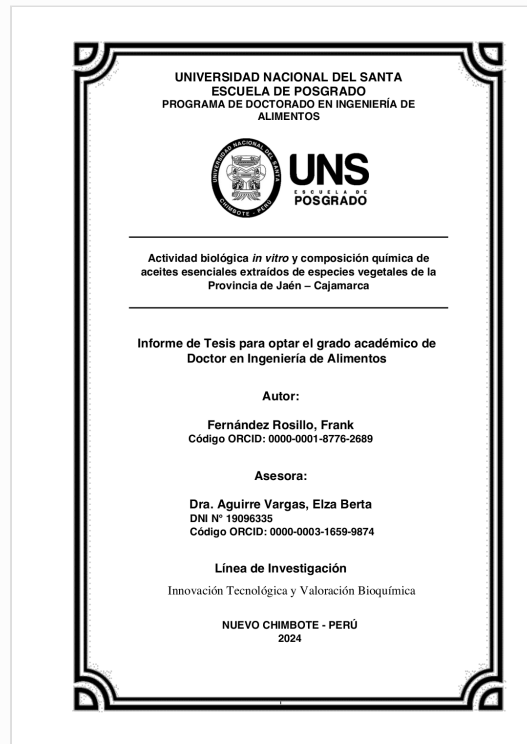


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Elza Aguirre
Título del ejercicio: Actividad biológica in vitro y composición química de aceites...
Título de la entrega: INFORME DE TESIS DOCTORAL_Mg. Frank Fernández Rosillo...
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_DOCTORAL_Mg._Frank_Fernández_Rosill...
Tamaño del archivo: 21.95M
Total páginas: 144
Total de palabras: 30,451
Total de caracteres: 181,999
Fecha de entrega: 11-sept.-2024 12:06p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2451175070



INFORME DE TESIS DOCTORAL_Mg. Frank Fernández Rosillo.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

17 %	17 %	7 %	0 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
2	revistas.unilibre.edu.co Fuente de Internet	1 %
3	unj.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	www.scielo.org.co Fuente de Internet	1 %
5	nanosmell.weizmann.ac.il Fuente de Internet	<1 %
6	virtual.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %
7	revistas.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %
8	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	

DEDICATORIA

A Dios, por prestarme la vida y regalarme momentos maravillosos, a mis padres José Hilmer Fernández Suárez y María Loyola Rosillo Pícón por su apoyo incondicional y guía emocional en todo momento, a ustedes con mucho amor.

A mis hijos Fráncesk Naim y María José y a mi hermano Luidem, por ser fuente de mi inspiración y motivo para seguir mejorando día a día.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a la Dra. Elza Berta Aguirre Vargas por su guía y acompañamiento magistral en el desarrollo de la tesis doctoral.

Al Dr. Lenin Quiñones Huatangari, por la mentoría en esta esfera apasionante de la investigación.

A la Escuela de Pos grado de la Universidad Nacional del Santa por cobijarme en sus aulas, a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, por facilitarme el acceso a los laboratorios para ejecutar la investigación, a la Universidad Nacional de Jaén y al proyecto titulado: “Extracción, caracterización de la composición química y evaluación de las propiedades biológicas de aceites esenciales en especies vegetales de la provincia de Jaén” por contribuir con parte del financiamiento de la investigación.

A los investigadores, Segundo Grimaldo Chavez Quintana, César Rafael Balcázar Zumaeta, Aline Camila Caetano, Alexander Huamán Mera, Daniela del Pilar Alfaro Montero y Telemia Saraí Ojeda Gaona por contribuir con el desarrollo del trabajo.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	ii
AVAL DEL JURADO EVALUADOR.....	iii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Descripción del problema de Investigación	11
1.2 Formulación del problema de investigación.....	14
1.3 Objetivos de la investigación	15
1.4 Formulación de la hipótesis	15
1.5 Justificación e importancia de la investigación	16
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Marco Conceptual.....	20
III. METODOLOGÍA.....	29
3.1 Método de la Investigación	29
3.2 Diseño de la Investigación.....	29
3.3 Población y muestra	29
3.4 Operacionalización de las variables de estudio	31
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
<i>Primera Etapa</i>	<i>34</i>
<i>Capítulo I.....</i>	<i>34</i>
3.5.1 <i>Revisión de la literatura.....</i>	<i>34</i>
3.5.2 <i>Selección e identificación de especies vegetales.....</i>	<i>35</i>
<i>Segunda Etapa.....</i>	<i>38</i>
<i>Capítulo II.....</i>	<i>38</i>
3.5.3 <i>Colecta del material vegetal</i>	<i>38</i>
3.5.4 <i>Pre tratamiento del material vegetal.....</i>	<i>38</i>
3.5.5 <i>Extracción de AE.....</i>	<i>43</i>
3.5.6 <i>Rendimiento de extracción del AE</i>	<i>46</i>
3.5.7 <i>Actividad antimicrobiana.....</i>	<i>46</i>
(1) <i>Actividad antibacteriana.....</i>	<i>46</i>
(a) <i>Cepas bacterianas.....</i>	<i>46</i>
(b) <i>Triaje por el método de difusión en disco</i>	<i>46</i>
<i>Capítulo III.....</i>	<i>47</i>
3.5.8 <i>Capacidad antioxidante</i>	<i>47</i>
(a) <i>Ensayo DPPH.....</i>	<i>47</i>
(b) <i>Ensayo ABTS</i>	<i>47</i>
(c) <i>Ensayo FRAP</i>	<i>47</i>
(d) <i>Contenido total de compuestos fenólicos</i>	<i>48</i>
3.5.9 <i>Caracterización de la composición química</i>	<i>48</i>
3.6 Técnicas de análisis de resultados	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1 Extracción de los AE.....	50

4.1	Evaluación del rendimiento de extracción de los AE por época de recolección.....	55
4.2	Evaluación de la actividad antibacteriana <i>in vitro</i> de los AE	57
4.3	Determinación de la capacidad antioxidante y contenido total de compuestos fenólicos de los AE	63
4.4	Selección de AE con mejor desempeño en relación a su actividad antibacteriana y capacidad antioxidante	65
4.5	Caracterización de la composición química de los AE	67
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
	Conclusiones	89
	Recomendaciones	90
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
VII.	ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ejemplos de plantas productoras de AE y partes de donde se extrae	21
Tabla 2 Operacionalización de las variables.....	31
Tabla 3 Resumen de evaluación, métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos	33
Tabla 4 Familia, nombre científico y tipo de planta de las 30 especies vegetales de la propuesta inicial del estudio	35
Tabla 5 Relación de especies vegetales no nativas de la Provincia de Jaén y especies de reemplazo	37
Tabla 6 Georreferenciación de especies vegetales de la selección final del estudio	40
Tabla 7 Cronograma del pre tratamiento y extracción del material vegetal de la primera colecta (30 especies)	50
Tabla 8 Cronograma del pre tratamiento y extracción del material vegetal de la segunda colecta (09 especies).....	51
Tabla 9 Procesamiento de extracción del material vegetal de la primera colecta (30 especies).....	53
Tabla 10 Procesamiento de extracción del material vegetal de la segunda colecta (09 especies).....	54
Tabla 11 Actividad antimicrobiana in vitro por el método de difusión en disco de los AE de <i>Esembeckia cornuta</i> , <i>Lippia alba</i> , <i>Magnolia jaenensis</i> , <i>Magnolia manguillo</i> , <i>Piper aduncum</i> , <i>Piper amalago</i> , <i>Piper glabribaccum</i> , <i>Tessaria integrifolia</i> y <i>Zanthoxylum fagara</i>	61
Tabla 12 Capacidad antioxidante de los AE de <i>Esembeckia cornuta</i> , <i>Lippia alba</i> , <i>Magnolia jaenensis</i> , <i>Magnolia manguillo</i> , <i>Piper aduncum</i> , <i>Piper amalago</i> , <i>Piper glabribaccum</i> , <i>Tessaria integrifolia</i> y <i>Zanthoxylum fagara</i> por los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y contenido total de compuestos fenólicos	64
Tabla 13 Indicadores obtenidos mediante el análisis de componentes principales (ACP) para rendimiento de extracción, actividad antioxidante y actividad antimicrobiana de los AE de las nueve especies vegetales.	65
Tabla 14 Composición química del AE de <i>Esembeckia cornuta</i>	68
Tabla 15 Composición química del AE de <i>Magnolia Jaenensis</i>	70
Tabla 16 Composición química del AE de <i>Magnolia manguillo</i>	71
Tabla 17 Composición química del AE de <i>Piper aduncum</i>	74
Tabla 18 Composición química del AE de <i>Piper amalago</i>	75
Tabla 19 Composición química del AE de <i>Piper glabribaccum</i>	78
Tabla 20 Composición química del AE de <i>Tesaria integrifolia</i>	80
Tabla 21 Composición química del AE de <i>Zanthoxylum fagara</i>	82
Tabla 22 Etiquetas de los compuestos mayoritarios utilizados en el análisis de correspondencia simple	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Esquema del diseño experimental del proyecto</i>	30
Figura 2 <i>Pre tratamiento y procesamiento del material vegetal</i>	39
Figura 3 <i>Distribución geográfica de las especies vegetales colectadas</i>	42
Figura 4 <i>Flujograma del proceso de extracción de AE</i>	44
Figura 5 <i>Equipos de hidrodestilación Clevenger</i>	45
Figura 6 <i>Proceso de extracción de AE</i>	45
Figura 7 <i>Catálogo de plantas de las que se obtuvo AE</i>	52
Figura 8 <i>Comparación estacional de rendimientos de extracción de los AE seleccionados</i>	56
Figura 9 <i>Ensayo de zona de inhibición que muestra la actividad antibacteriana de los AE frente a E. coli (01 sensidisco con antibiótico y 03 con AE)</i>	58
Figura 10 <i>Ensayo de zona de inhibición que muestra la actividad antibacteriana de los AE frente a Salmonella enteritidis (01 sensidisco con antibiótico y 03 con AE)</i>	59
Figura 11 <i>Ensayo de zona de inhibición que muestra la actividad antibacteriana de los AE frente a S. aureus (01 sensidisco con antibiótico y 03 con AE)</i>	60
Figura 12 <i>Agrupamiento de AE mediante análisis cluster k-means y explicación de cada cluster mediante analisis de componentes principales (PCA)</i>	66
Figura 13 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Esembeckia cornuta</i>	67
Figura 14 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Magnolia Jaenensis</i>	69
Figura 15 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Magnolia Manguillo</i>	71
Figura 16 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Piper aduncum</i>	73
Figura 17 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Piper amalogo</i>	75
Figura 18 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Piper glabribaccum</i>	78
Figura 19 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Tesaria integrifolia</i>	80
Figura 20 <i>Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Zanthoxylum fagara</i>	82
Figura 21 <i>Correspondencia entre los AE y los compuestos químicos mayoritarios, mediante un Analisis de Correspondencia Simple</i>	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Procesamiento de las 30 especies vegetales del estudio</i>	114
Anexo 2 <i>Zonas de inhibición mediante el ensayo de Difusión en disco de los AE contra S. aureus, Samonella Enteritidis y E. coli</i>	122
Anexo 3 <i>Comparación estacional de rendimientos de extracción de los AE seleccionados</i>	124
Anexo 4 <i>Análisis de varianza y test de Tukey para los resultados del ensayo DPPH</i>	125
Anexo 5 <i>Análisis de varianza y test de Tukey para los resultados del ensayo FRAP</i>	127
Anexo 6 <i>Análisis de varianza y test de Tukey para los resultados del ensayo ABTS</i>	129
Anexo 7 <i>Análisis de varianza y test de Tukey para los resultados de compuestos fenólicos</i>	131
Anexo 8 <i>Análisis de Componentes Principales para la actividad antioxidante de los AE</i>	133
Anexo 9 <i>Análisis de Componentes Principales para la actividad antimicrobiana de los AE</i>	134
Anexo 10 <i>Análisis de Componentes Principales para el rendimiento de extracción de los AE</i>	135
Anexo 11 <i>Número de cluster óptimos para agrupar los AE según rendimiento, actividad antioxidante y actividad antimicrobiana</i>	136
Anexo 12 <i>Análisis de Componentes Principales para el rendimiento de extracción de los AE</i>	137
Anexo 13 <i>Capacidad antioxidante de los AE seleccionados por los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y contenido de compuestos fenólicos</i>	138
Anexo 14 <i>Resolución Administrativa N° D000122-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CAJAMARCA de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre con colecta</i>	139

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la actividad biológica *in vitro* (antibacteriana y antioxidante) y la composición química de los aceites esenciales (AE) extraídos de treinta especies vegetales de la Provincia de Jaén. La extracción se realizó por hidrodestilación, la actividad antibacteriana se evaluó mediante el ensayo de difusión en disco sobre *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* y *Escherichia coli*, la capacidad antioxidante se evaluó por los ensayos DPPH, FRAP y ABTS y el total de compuestos fenólicos por el método Folin-Ciocalteu; la composición química se caracterizó por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) y se realizó una evaluación estacional del rendimiento de extracción en dos estaciones del año (seca y lluviosa). De las plantas estudiadas se obtuvo AE de once y se seleccionaron nueve de ellas, obteniendo rendimientos de extracción diferenciados por especie entre 0.04 y 1.5 %, evidenciando una variación estacional mayor para la mayoría de especies en la época de febrero a marzo (lluviosa). Se identificaron los compuestos químicos para cada AE con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros. Todos los AE mostraron una actividad baja frente a *E. coli* y *Salmonella enteritidis* en cambio frente a *S. aureus* exhibieron actividades bajas, medias y altas, donde los AE de *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tesaria integrifolia* y *Magnolia jaenensis* exhibieron actividades altas. Para la actividad antioxidante los AE de las especies *Tesaria integrifolia*, *Piper aduncum*, *Magnolia Manguillo*, *Magnolia Jaenensis* y *Piper glabribacum* obtuvieron los valores más altos en todos los ensayos. Concluyendo mediante el método de clusterización no jerárquico k-means y un análisis de componentes principales (ACP) en que los AE con mejor desempeño biológico y de potencial aplicación en la industria alimentaria fueron *Tesaria integrifolia*, *Magnolia Jaenensis* y *Ppper glabribaccum*.

Palabras clave: Aceite esencial, plantas nativas, actividad biológica, cromatografía de gases, rendimiento de extracción.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the *in vitro* biological activity (antibacterial and antioxidant) and chemical composition of essential oils (EO) extracted from thirty plant species from the Province of Jaén. Extraction was performed by hydrodistillation, antibacterial activity was evaluated by disc diffusion assay on *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli*, antioxidant capacity was evaluated by DPPH, FRAP and ABTS assays and total phenolic compounds by Folin-Ciocalteu method; chemical composition was characterized by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) and a seasonal evaluation of extraction yield was performed in two seasons (dry and rainy). Of the plants studied, EO was obtained from eleven and nine of them were selected, obtaining extraction yields differentiated by species between 0.04 and 1.5 %, showing a greater seasonal variation for most species in the period from February to March (rainy). Chemical compounds were identified for each EO with the presence of monoterpene hydrocarbons, oxygenated monoterpenes, sesquiterpene hydrocarbons, oxygenated sesquiterpenes, alcohols, among others. All the EOs showed low activity against *E. coli* and *Salmonella enteritidis* but low, medium and high activities against *S. aureus*, where the EOs of *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tesaria integrifolia* and *Magnolia jaenensis* exhibited high activities. For antioxidant activity, the EOs of the species *Tesaria integrifolia*, *Piper aduncum*, *Magnolia Manguillo*, *Magnolia Jaenensis* and *Piper glabribaccum* obtained the highest values in all the assays. The non-hierarchical k-means clustering method and principal component analysis (PCA) concluded that the ECs with the best biological performance and potential application in the food industry were *Tesaria integrifolia*, *Magnolia Jaenensis* and *Piper glabribaccum*.

Key words: Essential oil, native plants, biological activity, gas chromatography, extraction yield.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema de Investigación

Realidad Genérica del Problema

La industria alimentaria se encuentra inmersa en una dicotomía de constructo productivo y de formulación, donde se distinguen dos tendencias marcadas: la primera, que desde el inicio y luego con el avance de la industria alimenticia, se ha venido usando aditivos sintéticos, debido a su bajo costo, disponibilidad inmediata en el mercado y ventajas que ofrece para una producción intensiva de alimentos seguros. La segunda, que responde a una tendencia reciente referente al empleo de tecnologías verdes en la elaboración y producción de alimentos que permitan la obtención de alimentos considerados “más naturales” (Hernández et al., 2015). En esta última, se contempla la aplicación de tecnologías emergentes o la utilización de ingredientes y/o aditivos naturales, tales como conservantes, y potenciadores de sabor y aroma naturales (Martínez Álvarez et al., 2021).

La tendencia del uso de aditivos naturales responde a la percepción negativa de los consumidores sobre los alimentos procesados que hacen uso de aditivos químicos sintéticos, ya que muchos de estos pueden tener un impacto perjudicial en la salud del consumidor, tales como causar alergias o ser carcinogénicos (López et al., 2021).

Existen algunos reportes de que el exceso de sustancias químicas sintéticas utilizadas en la producción de alimentos, podrían estar asociadas con intoxicaciones alimentarias en el consumidor, así como con el surgimiento de resistencia microbiana a algunos aditivos antimicrobianos (conservantes) como los sorbatos, benzoatos, entre otros (Ozdikmenli y Zorba, 2015). Por ejemplo ha sido reportado que los aditivos hidroxianisol butilado y el hidroxitolueno butilado usados como antioxidantes en dulces a base de leche, crema, mantequilla, frutos secos, tortillas de harina de trigo, chocolate, aceites y grasas comestibles causan urticaria crónica en los consumidores (Velázquez-Sámano et al., 2019); (Goodman et al., 1990; Veien & Krogdahl, 1991; Vickers, 2017). Asimismo ha sido reportado que el benzoato de sodio, conservante sintético usado en la preparación de mermeladas, gelatinas y jugos de frutas, puede causar reacciones de hipersensibilidad como granulomatosis orofacial, urticaria crónica y asma bronquial (Velázquez-Sámano et al., 2019, Asero, 2006). Los sulfitos o agentes sulfatantes (como sulfito de sodio, sulfito de hidrogeno, óxido de azufre, entre otros), que se usan ampliamente como conservantes y antioxidantes en la industria alimentaria (en la elaboración de vinagres, vinos, refrescos, conservas vegetales, barras cereales, fruta, postres), están asociados con casos de dermatitis después de su manipulación (Velázquez-Sámano et al., 2019). Por otro lado, los

parabenos que son compuestos antimicrobianos activos contra levaduras y mohos, utilizados como conservantes en alimentos horneados, han sido asociados a casos de dermatitis de contacto y asma (Velázquez-Sámano et al., 2019). Además, los nitratos y nitritos, que se adicionan a productos cárnicos procesados como conservantes y para la formación del color característico de estos productos, están asociados a un alto riesgo de cáncer en consumidores frecuentes de productos cárnicos, ya que junto con las aminas biogénicas que se forman durante el procesamiento de la carne forman las N-nitrosaminas, que son compuestos altamente carcinógenos (Pereira y Ramírez, 2021).

Dentro de la categoría de aditivos con tendencia natural, los AE están ganando interés como una alternativa potencial y viable, ya que poseen diversas propiedades biológicas, tales como: antibacteriana, antifúngica y antioxidante. Pero también, pueden proporcionar aroma (aromatizantes) y sabor (saborizantes) a los alimentos, mejorando así sus propiedades sensoriales.

Un AE es una mezcla compleja de compuestos aromáticos y volátiles formados en el metabolismo secundario de las plantas y son responsables del aroma característico de estas (Ruiz et al., 2015), se pueden obtener de diferentes partes de las plantas, como hojas, tallos, semillas, frutos, flores, raíces y cortezas, mediante el uso de diferentes métodos de extracción como la hidrodestilación, arrastre por vapor, prensado en frío, fluido supercrítico, entre otros (Burt, 2004).

Dependiendo de la especie vegetal, se calcula que un AE puede contener entre 50 a 300 compuestos diferentes, los cuales según su estructura química pueden estar divididos en terpenos, terpenoides, fenilpropenos y otros (alicina, Isotiocianato de alilo) (Hyldgaard et al., 2012). La presencia de estos compuestos en diferentes cantidades define la composición química de cada AE y ésta a su vez determina las propiedades biológicas del AE (Bakkali et al., 2008).

Diversos factores determinan la composición química de un AE de una determinada especie vegetal y estos a su vez pueden influir en las propiedades biológicas que el AE puede tener. Estos pueden ser factores exógenos y endógenos. Los factores exógenos son aquellos que pueden modificar cualitativa y/o cuantitativamente la composición de volátiles en un AE y pueden ser: luz, precipitaciones, lugar de cultivo o crecimiento de la planta (altitud y latitud) y la naturaleza del suelo (pH y nutrientes) (Barra, 2009). Por el contrario, los factores endógenos están relacionados con la anatomía, fisiología y metabolismo de la planta y estos son: lugar de producción y acumulación del AE en la planta (parte de la planta), edad de la planta y características genéticas que regulan el metabolismo secundario de la planta (Barra, 2009). Una variación estacional de la composición química y posiblemente de las propiedades biológicas de un AE de una determinada especie vegetal puede ocurrir, pero está asociada principalmente a la

combinación de factores como precipitación, radiación y temperatura (Barra, 2009). En tal sentido, cuando se trata del estudio de AE de plantas que no han sido exploradas anteriormente o de plantas con potencial bioactivo y por lo tanto con un importante valor comercial, resulta relevante verificar esta posible variación estacional en AE de estas.

El Perú es un país que tiene una gran diversidad vegetal, la cual comprende el 8% de la diversidad vegetal mundial, es decir, alrededor de 20 000 especies de plantas, siendo una gran parte de ellas nativas (Kloucek et al., 2005). Cada región del Perú posee una riqueza vegetal característica y ésta es aprovechada por sus propiedades biológicas en la medicina tradicional, aromaterapia y preparación y conservación de alimentos locales en zonas rurales y urbanas (Castro-Alayo, Chávez-Quintana, Auquiñivín-Silva, Fernández-Jeri, Acha-De la Cruz, et al., 2019). La mayoría de las plantas utilizadas por los peruanos se venden en mercados o son colectadas directamente del campo (Gonzales De La Cruz et al., 2014). Las especies de plantas peruanas son tradicionalmente conocidas por la población local por sus actividades antimicrobianas, antiinflamatorias, larvicidas, repelentes y antiparasitarias (Bussmann, Ashley, et al., 2011). Sin embargo, pocas especies vegetales peruanas nativas y no-nativas han sido estudiadas en relación a su composición química y propiedades biológicas. Entre los pocos estudios existentes, por ejemplo, se ha reportado la actividad antimicrobiana del AE de Palo Santo (*Bursera graveolens*) rico en α -terpineno, (31.57%), en *Bacillus cereus* y *Clostridium perfringens* y su actividad antifúngica en *Candida albicans* (Sotelo Mendez et al., 2017). Similarmente la notable actividad antibacteriana de los AE de *Ageratina pentlandiana* y *Peperomia galioides* ha sido reportada en *S. aureus*, *S. epidermis*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Enterococcus faecalis* y *Proteus vulgaris* (Solís-Quispe et al., 2019, Feo et al., 2008). Inclusive, la actividad antibacteriana de AE de plantas peruanas sobre bacterias patógenas que inciden en alimentos ha sido reportada. Por ejemplo, el AE de yerba de la maestranza (*Lantana camara*) rico en carvona (75,9%) ha mostrado potencial para inhibir *S. aureus*, *Micrococcus luteus* y *Listeria monocytogenes* (Requelme Bautista, 2020). Asimismo, la actividad antioxidante de algunos AE de plantas peruanas ha sido reportada tales como del AE de *Hedeoma mandoniana* (pulegona 35.3%) (Solís-Quispe et al., 2018), de *Schinus areira L.* (α -felandreno 18,2%) y *Minthostachys spicata* (pulegona 43,2%) (Solís-Quispe et al., 2015)

Por lo tanto, los AE de plantas peruanas pueden ser una fuente de compuestos bioactivos, los cuales podrían tener una potencial aplicación en la industria alimentaria como aditivos antimicrobianos (conservante) y antioxidantes en la elaboración y conservación de alimentos. En este contexto y en vista de la falta de caracterización del potencial de los recursos vegetales de las diversas regiones del país, resulta importante explorar y caracterizar la composición química y propiedades biológicas de los recursos

vegetales encontrados en la región norte, específicamente, en la Provincia de Jaén, Cajamarca.

Características de la realidad específica

Jaén es una de las 13 provincias que conforman el Departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada al Norte de este Departamento y posee una superficie de 5232 km². En toda la extensión de esta provincia se encuentra una gran riqueza vegetal, con especies de plantas nativas y no-nativas (Marcelo Peña, 2010). Debido a que la provincia de Jaén tiene diversos ecosistemas en su territorio, tales como bosque seco tropical y bosque húmedo tropical, en cada uno de estos ecosistemas se encuentra una flora característica con especies propias de cada ecosistema.

Por ejemplo, el bosque seco tropical tiene una temperatura media anual de 24-26°C se caracteriza por tener especies perennifolias y caducifolias de porte arbóreo y arbustivo (Peña, 2008), su composición florística y diversidad comprende un total de 151 especies, 103 géneros y 40 familias, de las cuales de 78 especies son arbustos, 56 árboles y 17 escandentes-lianescentes. Las cinco familias más diversas son *Leguminosae* con 20 géneros y 36 especies, le siguen en orden decreciente: *Cactaceae* con 11 géneros y 15 especies, *Euphorbiaceae* con nueve géneros y 15 especies, *Asteraceae* con cinco géneros y cinco especies y *Bignoniaceae* con 4 géneros y 5 especies (Peña, 2008).

En el caso del bosque húmedo tropical, este posee un clima húmedo - templado, con temperatura media anual entre 12 - 17 °C. Este ecosistema se caracteriza por tener una cubierta vegetal densa, siempre verde y de porte alto. Las especies predominantes son *Bromeliáceas*, orquídeas, helechos, musgos y líquenes (Cajamarca y MINAM, 2009)

Por lo tanto, conociendo la riqueza vegetal de la provincia de Jaén en estos dos ecosistemas y la falta de investigación de plantas nativas y no-nativas de esta provincia, es que el estudio planteó explorar y caracterizar la composición química y las propiedades biológicas (antibacteriana, antifúngica y antioxidante) de los AE de 30 especies vegetales nativas y no-nativas de la Provincia de Jaén (Tabla 04), visando su posible aplicación en la industria alimentaria.

Asimismo, conociendo la posible variación estacional que pueden sufrir los AE en su composición química y sus propiedades biológicas, resultó relevante evaluar esta posible variación en los AE de mejor desempeño antibacteriano, antifúngico y antioxidante.

1.2 Formulación del problema de investigación

Problema general

- ¿Cuál es la actividad biológica *in vitro* y la composición química de los AE extraídos de 30 especies vegetales de la Provincia de Jaén?

Problemas específicos

- ¿Cuál es el rendimiento de extracción, la actividad antibacteriana y antioxidante *in vitro* y la composición química de los AE extraídos de 30 especies vegetales de la Provincia de Jaén?
- ¿Cuál es el efecto de la época de recolección en el rendimiento de extracción de los AE de especies vegetales de la Provincia de Jaén?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

- ✓ Desentrañar la actividad antibacteriana y antioxidante *in vitro* y la composición química de AE extraídos de 30 especies vegetales de la provincia de Jaén – Cajamarca.

Objetivos específicos

- ✓ Extraer los AE de las especies vegetales.
- ✓ Determinar el rendimiento de extracción de los AE por época de recolección.
- ✓ Evaluar la actividad antibacteriana *in vitro* de los AE en especies bacterianas asociadas con la deterioración de alimentos y patógenos alimentarios.
- ✓ Determinar la capacidad antioxidante y contenido total de compuestos fenólicos de los AE.
- ✓ Seleccionar los AE con mejor desempeño en relación a su actividad antibacteriana y capacidad antioxidante.
- ✓ Caracterizar la composición química de los AE.

1.4 Formulación de la hipótesis

El rendimiento de extracción de los AE de las treinta especies vegetales de la Provincia de Jaén obtenidos por el método de hidrodestilación, muestran resultados elevados a los reportados y dependen de las características fisiológicas, de los factores genéticos y evolutivos, de las condiciones ambientales y geográficas donde se sitúa y desarrolla cada especie, además de la morfología de la parte de la planta (tamaño de las hojas), de la etapa de desarrollo y estado fenológico de las hojas en el tiempo de colecta (apicales o basales) y de la morfología, tipo y densidad de las estructuras que albergan el AE en las hojas de cada especie, denominadas tricomas glandulares que tienen como función la biosíntesis, secreción y acumulación del AE.

El efecto de la época de recolección en los AE extraídos, exponen variaciones estacionales diferenciados en el rendimiento, donde los aceites extraídos en la época de julio - octubre (secano o cálido), frente a la de enero - marzo (lluvioso), muestran una variabilidad cuantitativa superior, debido a que la alta intensidad de la luz, los periodos largos de iluminación y las bajas temperaturas nocturnas en esta época, favorecen la biosíntesis fundamental que sigue una vía, la cual influye decisivamente en la composición, calidad y riqueza de los componentes volátiles (terpenos, terpenoides y fenilpropanoides) de los AE. Contrariamente, en la época lluviosa con una intensidad de luz baja, temperaturas nocturnas altas, días cortos y temperaturas diurnas muy variables provocan la disminución del volumen obtenido de aceite.

Los AE extraídos exhiben una alta actividad antibacteriana contra bacterias gran positivas (*S. aureus*) y una actividad media frente a bacterias gran negativas (*E. coli*, *Samonella Enteritidis*). Donde se observa el mecanismo de acción de los terpenos que involucra una disrupción de la membrana de los compuestos lipofílicos (capacidad de atravesar las membranas celulares, descomponer polisacáridos, ácidos grasos y lípidos y permeabilizar la membrana celular), que conlleva a la muerte celular. Asimismo los AE de cada especie vegetal presentan diferenciada actividad antioxidante (capacidad para captar radicales libres de oxígeno), donde el AE de *Piper aduncum* tiene una mayor actividad antioxidante y presencia de compuestos fenólicos frente a las otras especies evaluadas.

Considerando la actividad biológica *in vitro* (actividad antibacteriana y capacidad antioxidante), existe un grupo de especies que tiene un mejor desempeño respecto a las otras especies evaluadas.

Los AE están propensos a albergar una gama de compuestos volátiles como terpenos, terpenoides, fenilpropanoides, entre otros, siendo que cada especie vegetal tiende a presentar una composición química diferenciada.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

Frente a la tendencia de los consumidores por alimentos considerados “más naturales”, la industria alimentaria cada vez más se está viendo en la necesidad de reducir o sustituir el uso de aditivos sintéticos en la conservación de los alimentos. Los AE debido a sus propiedades biológicas (antimicrobiana y antioxidante) pueden ser una excelente alternativa a los aditivos químicos sintéticos. Actualmente, existen estudios demostrando la viable aplicación de los AE en la conservación de alimentos, por ejemplo: en frutas frescas a través del uso de películas comestibles incorporadas con AE (Marzo Rojas, 2010, Aldana et al., 2014), en carne y productos cárnicos como antioxidante natural para prevenir las reacciones de oxidación (Pateiro et al., 2018) o como agente antimicrobiano para mejorar la estabilidad microbiológica (Jayasena y Jo, 2013), en bebidas como agente

antimicrobiano y aromatizante natural (Armijos et al., 2018), en productos de panadería como agente antifúngico o conservante natural (Gavahian et al., 2018), entre otros.

En este sentido, el aprovechamiento de la riqueza vegetal de la Provincia de Jaén, Cajamarca, para la extracción de AE, el estudio de su composición química y sus propiedades biológicas, contribuirá a la identificación de potenciales fuentes vegetales de esta Provincia con compuestos bioactivos que podrían ser aprovechados en la industria alimentaria. Cabe resaltar que hasta la fecha las especies vegetales de la Provincia de Jaén no han sido estudiadas para esta finalidad, no existiendo reportes científicos en la materia. Por lo tanto, la investigación constituye el primer estudio que contempla la exploración de AE de estas especies vegetales y sentará las bases para el desarrollo de futuros estudios visando la aplicación de estos AE en modelos alimenticios como agentes antimicrobianos y antioxidantes.

Asimismo, el estudio permite identificar y seleccionar de entre las 30 especies vegetales propuestas, las especies más promisorias, es decir, con mejores propiedades biológicas *in vitro*, que podrían posteriormente ser mejor estudiadas para su posible aplicación en alimentos.

Además, los resultados obtenidos en el trabajo académico constituyen una valiosa fuente de información sobre plantas peruanas que es escasa en la literatura científica mundial. En consecuencia, se dispondrá de información con potencial publicable en revistas internacionales de alto factor de impacto, las cuales servirán como antecedente para nuevas iniciativas investigativas que contemplen el estudio de otras plantas de la Provincia de Jaén, de otras provincias o regiones del país.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Existen estudios sobre la extracción y caracterización de AE de especies vegetales nativas y no-nativas del Perú, donde se ha determinado la composición química y propiedades biológicas tales como: actividad antimicrobiana y antioxidante, las cuales son relevantes para el presente proyecto y constituyen la base del conocimiento previo sobre AE de plantas peruanas. Cabe resaltar que no existen antecedentes publicados sobre AE de plantas peruanas visando su aplicación en la industria alimentaria. A continuación, se menciona y se resumen estudios como antecedentes al proyecto planteado:

Carhuallanqui Pérez et al., (2020), extrajeron por hidrodestilación el AE de (*Origanum-vulgare*) orégano proveniente de la provincia de Concepción, Junín (Perú). Asimismo evaluaron el rendimiento de extracción, el efecto antimicrobiano contra *L. monocytogenes* y *S. aureus* y determinaron la composición química del AE. Los autores reportaron que el rendimiento de extracción del AE fue de 1,31%, los componentes mayoritarios fueron cis- β -terpineol (20.68%), timol (11.9%), L-4-terpineol (10.09%) y α -terpineno (5.57%). El AE presentó actividad antimicrobiana contra *S. aureus* (CMI= 2%, CMB= 4%) y *L. monocytogenes* (CMI= 4%, CMB= 4%), por lo que el AE de orégano se podría usar en la industria alimentaria como un agente antimicrobiano.

Requelme Bautista, (2020), evaluó el efecto antibacteriano *in vitro* del extracto etanólico de hojas de (*Lantana camara*) hierba de la maestranza, colectada en el Distrito de La Libertad sobre *S. aureus*. El extracto de *L. camara* a 25%, produjo halos de inhibición 9.55 mm, a 50% de 11.40 mm y, a 75% de 14.0 mm.

Castro-Alayo et al., (2019), determinaron el rendimiento de extracción, las características físico-químicas, composición química y actividad antioxidante de los AEs de (*Tagetes minuta*) huacatay, (*Minthostachys mollis*) muña, (*Rosmarinus officinalis L.*) romero y (*Eryngium foetidum L.*) sachaculantro extraídos por hidrodestilación; el material vegetal fue recolectado de 52 distritos del Departamento de Amazonas, Perú. Concluyeron que el compuesto mayoritario en el AE de huacatay resultó ser 1-adamantanol (44.42%), en el AE de muña β -felandreno (20.85%), en el AE de romero β -myrceno (34.59%) y en el AE de sachaculantro α -pineno (23.41%). Respecto a la actividad antioxidante, los AE de huacatay y muña mostraron una moderada actividad.

Sotelo Mendez et al., (2017), extrajeron por el método de arrastre con vapor e hidrodestilación el AE de (*B. graveolens*) Palo santo obtenidos en Piura, Perú y examinaron la actividad antioxidante, determinaron el contenido total de fenoles, determinaron la composición química y evaluaron la actividad antimicrobiana de los AE contra bacterias y levaduras. Los autores informaron que el mejor rendimiento de extracción fue por

hidrodestilación 3.59% (v/p) y los compuestos químicos predominantes fueron α -terpineno (31.57%), isocariofileno (6.61%), piperitona (5.61%), β -trans-ocimeno (4.93%), 6-alil-o-cresol (4.63%). El contenido de fenoles totales de este AE se estimó en 5.71 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de AE, sin embargo mostró una débil actividad antioxidante. Además, el AE de *B. graveolens* presentó una actividad antimicrobiana predominante en *Clostridium perfringens*.

Ricaldi y Martínez, (2014), extrajeron por hidrodestilación, determinaron el rendimiento de extracción, analizaron la composición química, y las características físico químicas del AE de ramas de *Satureja incana* recolectadas en el distrito de Palca, Tarma, Junín. Los autores reportaron que el rendimiento de extracción del AE fue de 0.49 %, la densidad relativa de 0.98, el índice de refracción 1.49 y el índice de acidez 1.99. En la composición química determinaron que el compuesto mayoritario del AE de *S. incana* fue germacreno D (25,91 %), seguido de cariofileno (22.10 %), α -ocimeno (12.62 %), 4(8)-p-mentona (6.73 %), biciclogermacreno (4.12 %), humuleno (3,95 %) y cariofileno óxido (3.08 %).

Ochoa Pumaylle et al., (2012), extrajeron por el método de arrastre con vapor de agua, determinaron el rendimiento de extracción, caracterizaron la composición química y evaluaron la actividad antibacteriana del AE de las hojas y tallos de (*Senecio graveolens Wedd*) Wiskataya recolectados en el distrito de Puquio, Ayacucho. El rendimiento de extracción de este AE varió entre 0.01 y 2 %. Los autores reportaron que el AE de *S. graveolens* presentó una moderada actividad antibacteriana a concentraciones de 90 y 100 % (v/v) sobre *E. coli* (Aislada de ganado bovino) y *S. aureus* ATCC 29923. Los resultados de la caracterización química mostraron como compuesto mayoritario al sabineno (52.39 %), seguido de (+)-4-careno (8.20 %), t-terpineno (7.11 %), β -myrceno (6.74 %), 4-terpinenol (3.78 %) y pulegona (3.67 %).

Bussmann et al., (2011), probaron científicamente la actividad antimicrobiana de extractos alcohólicos y acuosos de 525 plantas peruanas utilizadas en la medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades infecciosas. Los autores investigaron la actividad antibacteriana contra *S. aureus*, *E. coli*, *Salmonella enterica Typhi* y *Pseudomonas aeruginosa*, siendo que 263 extractos tuvieron una actividad antibacteriana en bacterias patógenas como *E. coli* y *S. aureus*. Asimismo, reportaron que 193 extractos etanólicos y 31 extractos acuosos fueron activos contra *S. aureus*. De los 225 extractos de plantas que se emplean tradicionalmente contra las infecciones bacterianas, 166 (73. 8%) de estos fueron activos contra al menos una bacteria y de los 300 extractos de plantas sin uso tradicional como antibacterianos, solo 96 (32%) mostraron alguna actividad.

Rojas et al., (2003), evaluaron la actividad antimicrobiana de 36 extractos alcohólicos de 24 plantas, colectadas en los Departamentos de Ancash y Loreto, las cuales

son usadas en la medicina tradicional del Perú. Los autores reportaron que de los 36 extractos estudiados, 25 de ellos que representan un 69% mostraron algún grado de actividad antimicrobiana contra al menos un microorganismo evaluado (*Bacillus subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* y *P. aeruginosa*). Las plantas que lograron mayor actividad antimicrobiana fueron *Cestrum auriculatum* L. Heritier (*Solanaceae*), *Iryanthera lancifolia* Ducke Suesseng (*Myristicaceae*), *Lepechinia meyenii* (Walp.) Epling (*Lamiaceae*), *Ophryosporus peruvianus* (Gmelin) King y *H. Rob.* (*Asteraceae*).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1. Aceites esenciales

a) Definición y características

Los AE son mezclas complejas de compuestos volátiles extraídos de las plantas que se forman en el metabolismo secundario de estas (Usano-Aleman et al., 2014), Estos compuestos o metabolitos secundarios resultan fundamentales para la supervivencia de las plantas como un mecanismo de autodefensa contra insectos, predadores y microorganismos patógenos debido a las propiedades biocidas que estos metabolitos poseen (Rakmai et al., 2021).

Los AE pueden ser extraídos a partir de diversas partes de las plantas como flores, semillas, hojas, ramas, cortezas, tallos, frutas y raíces (Burt, 2004). En apariencia física, los AE son fracciones líquidas aceitosas y volátiles constituidos por una mezcla de más de 100 compuestos químicos (Meyer Torres et al., 2018), los cuales pueden ser terpenos, terpenoides, fenilpropanos y otros (alicina, Isotiocianato de alilo). Estos compuestos poseen diversas propiedades biológicas y por lo tanto confieren las propiedades biológicas que un AE puede tener,

La composición química de los AE de las plantas puede variar según las especies, el genotipo de la planta, la estación o época del año en la que crecimiento, el origen geográfico, la etapa de desarrollo y la edad de la planta. Todos estos factores pueden influir en el tipo y la cantidad de compuestos extraídos, pero también se ve afectada por el método de extracción, las condiciones de análisis y el disolvente utilizado (Ribeiro-Santos et al., 2017); (Carrillo-Hormaza et al., 2015), variando significativamente en sus propiedades físico-químicas, por ejemplo, en la densidad, olor, índice de refracción y poder rotatorio (Mariod, 2016).

Los compuestos de un AE se agrupan en dos fracciones: volátiles y no volátiles. La fracción volátil representa entre 90-95% del AE (monoterpenos e hidrocarburos sesquiterpénicos y sus derivados oxigenados tales como alcoholes, aldehídos alifáticos, ésteres, éteres, cetonas y fenoles) (Adelakun et al., 2016, Miladi et al., 2016). El residuo no

volátil, representa entre 5-10% (hidrocarburos, ácidos grasos, esteroides, carotenoides, ceras, cumarinas y flavonoides). La acción conservante (actividad antibacteriana y antioxidante) de un AE se responsabiliza a los componentes fenólicos (Starliper et al., 2015, Adalakun et al., 2016).

Los AE derivan de especies aromáticas, representadas por Asteraceae, esta familia reporta 950 géneros y 20 000 especies constituyéndose como la más abundantes del reino de las plantas angiospérmicas. Se las puede encontrar en regiones tropicales y subtropicales del planeta (Carrillo-Hormaza et al., 2015, Urbizu-González et al., 2017).

b) Distribución y estado natural

La mayoría de los AE conocidos hasta la fecha pertenecen principalmente a unas 60 familias de plantas. Las familias más comunes son las *Asteráceas*, *Lamiáceas*, *Lauráceas*, *Mirtáceas*, *Pináceas*, *Rosáceas*, *Rutáceas*, *Umbelíferas*, etc. (A. Martínez, 1996)

Generalmente, los AE se encuentran almacenados dentro de la planta en células especializadas llamadas tricomas glandulares (Adalakun et al., 2016); (Cook y Lanaras, 2016). Los AE están distribuidas en todas las partes de la planta. En la tabla 1 se muestran diferentes plantas productoras de AE y la parte de la misma de donde se extrae comúnmente.

Tabla 1 Ejemplos de plantas productoras de AE y partes de donde se extrae

Partes	Plantas
Hojas	Albahaca, hoja de laurel, canela, salvia común, eucalipto, hierba de limón, citronela, melaleuca, menta, orégano, pachulí, hierbabuena, pino, romero, hierbabuena, árbol de té, tomillo, gaviota, lima kafir, laurel, salado, estragón, cajeput , lantana, limón mirto, árbol de té de limón, niaouli, litsea cubeba, petitgrain, laurel, ciprés.
Semillas	Almendra, anís, cardamomo, alcaravea, zanahoria, apio, cilantro, comino, nuez moscada, perejil, hinojo.
Madera	Amyris, cedro de atlas, cedro de Himalaya, alcanfor, palo de rosa, sándalo, mirto, madera de guayacán.
Corteza	Cassia, canela, sasafrás, katrafay.
Bayas	Pimienta de Jamaica, enebro.
Resina	Incienso, mirra.
Flores	Tanaceto, manzanilla, salvia sclarea, clavo, comino, geranio, hisopo, helichrysum, jazmín, lavanda, manuka, mejorana, naranja, rosa, romerillo,

	palmarosa, pachulí, rododentro, rosalina, ajowan, ylang-ylang, mejorana, estragón, neroli.
Cáscara	Bergamota, pomelo, lima kafir, limón, lima, naranja, mandarina
Raíz	Jengibre, plai, cúrcuma, valeriana, vetiver, nardo, angélica.
Fruta	Zanthoxylum, nuez moscada, pimienta negra.

Fuente. (Tongnuanchan y Benjakul, 2014)

2.2.2. Métodos de extracción

Para obtener AE del material vegetal se emplean distintas técnicas de extracción convencional y no convencional, dentro del primer grupo tenemos: la destilación al vapor, hidrodestilación, extracción con disolventes y prensado en frío, que muestran inconvenientes como baja eficiencia, uso de grandes cantidades de disolventes y extensos tiempos de extracción. Asimismo la calidad del AE extraído se ve afectada. Es por ello que se han desarrollado métodos alternativos no convencionales y novedosos con los que se pueden superar estas dificultades: fluidos supercríticos, extracción asistida por microondas y los ultrasonidos resultan eficientes y reducen significativamente los tiempos de extracción, mejoran los rendimientos y la calidad del AE (Stratakos y Koidis, 2016).

- Destilación por arrastre con vapor: la muestra vegetal generalmente fresca y cortada en trozos pequeños, es colocada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado (Rassem et al., 2016), la esencia así arrastrada es posteriormente condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa. Se utiliza a nivel industrial debido a su alto rendimiento, pureza del aceite obtenido y porque no requerir una tecnología sofisticada (Moreno et al., 2010).
- Hidrodestilación: es el método más empleado en la extracción de AE. En este método, el material vegetal es colocado en un compartimento estático, luego se agrega agua en cantidad suficiente y se lleva a ebullición (Meyer Torres et al., 2018). Alternativamente, también se puede inyectar vapor directo al sistema. Al ebullición el vapor de agua arrastra el aceite esencial y esta mezcla de vapor de agua y aceite se condensa mediante enfriamiento indirecto con agua. La mezcla condensada fluye desde el condensador hasta un separador, donde el AE se separa automáticamente del agua (Hasbay y Galanakis, 2018). Las desventajas que presenta el método, son registrar largos tiempos de extracción, degradación de componentes volátiles y alto consumo energético (Bampouli et al., 2014; Gavahian et al., 2012), Entre las ventajas de este método se encuentran la ausencia o no utilización de disolventes orgánicos en el proceso, no hay necesidad de

- deshidratación de los materiales vegetales, los tiempos de extracción son cortos comparados a los otros métodos y es un método de bajo costo (Azmir et al., 2013).
- Solventes: La extracción con disolventes se aplica para materiales sensibles al calor o que no responden bien a la destilación al vapor, como las flores y las raíces. Implica utilizar solventes como acetona, hexano, éter de petróleo, metanol o etanol. Se realiza una mezcla del disolvente con la muestra y se lleva a 50 °C para la extracción del AE y a continuación se realiza una filtración. Seguido el material obtenido se concentra por evaporación del solvente, para después el concentrado obtenido mezclarlo con alcohol puro para realizar la extracción del aceite y en seguida se destila a bajas temperaturas (Cook y Lanaras, 2016b; Tongnuanchan y Benjakul, 2014b).
 - Prensado en frío: es un método donde la capa externa de las plantas que contiene el AE se elimina por frotación. Posteriormente, se realiza un prensado a toda la planta para exprimir el material de la pulpa y liberar el aceite de los tricomas glandulares. El AE sube a la superficie del material y se separa por centrifugación (Rassem et al., 2016).
 - Extracción con fluido supercrítico: Este método permite una extracción rápida y moderada. El fluido de extracción mayormente utilizado es el dióxido de carbono (CO₂), debido a su no toxicidad, gran disponibilidad y facilidad de eliminación de los productos extraídos. No obstante, en la práctica este método presenta algunas desventajas debido a su elevado costo de operación y diseño complejo (Yousefi et al., 2019). El proceso extractivo se lleva a cabo utilizando una carga de 140 g de muestra molida dispuestos en el recipiente de extracción. Se hace pasar el CO₂ a través de un serpentín sumergido en líquido refrigerante (etilenglicol) a una temperatura de 2 °C para evitar su gasificación y mantenerlo líquido. Empleando una bomba de alta presión se bombea el CO₂ en intervalos de 90 a 210 bares; la temperatura dentro del recipiente extractor se eleva de 35 a 65 °C. Una vez alcanzadas las condiciones de operación (presión y temperatura) en el extractor, se inicia el proceso de extracción ajustando el flujo de CO₂ a 30 g/min durante 150 minutos (el CO₂ extrae el aceite de las muestras). Por último, se despresuriza el equipo, el CO₂ en estado gaseoso circula hasta el escape, el aceite extraído se recoge en el separador, se almacena en un vial ámbar y se calcula el rendimiento del proceso de extracción en el aceite esencial (Melo-Guerrero et al., 2020).
 - Ultrasonido: Es un método moderno que utiliza ondas de ultrasonido para extraer AE de plantas con el fin de aumentar la calidad del aceite y disminuir el tiempo de extracción y los costos de operación (Pérez-Serradilla et al., 2007; Da Porto y Decorti, 2009). Debido al fenómeno del ultrasonido y la baja resistencia mecánica

de las membranas celulares de las glándulas que contienen a los AE, se extrae el aceite de manera eficiente en un bajo consumo de tiempo, ya que los micro chorros formados durante las burbujas de cavitación generan la descamación de la superficie, la erosión y la ruptura de las células (Toma et al., 2001; Chemat et al., 2017; Richa et al., 2020).

2.2.3. Propiedades biológicas

Los AE poseen diversas propiedades biológicas: antimicrobiana (antibacteriana, antifúngica), antioxidante, antiinflamatoria, larvicida, antiparásitos e insecticida ((Burt, 2004) y que principalmente, debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes son utilizadas en la industria alimentaria para la conservación de los alimentos y además por sus propiedades saborizantes y aromatizantes (Dorman y Deans, 2000, Hyldgaard et al., 2012).

2.2.4. Actividad antibacteriana

Los AE son una fuente interesante de antimicrobianos naturales para la conservación de alimentos ya que pueden causar la inhibición y muerte de diversas bacterias Gram positivas y Gram negativas asociadas con la deterioración de alimentos y bacterias patógenas (Hyldgaard et al., 2012). La actividad antibacteriana de un AE es determinada por la interacción sinérgica de sus compuestos minoritarios y mayoritarios. Sin embargo, estudios han mostrado que los componentes minoritarios desempeñan un papel fundamental ya que estos modulan las propiedades biológicas de los compuestos mayoritarios y por lo tanto el aceite esencial completo. Principalmente, los compuestos fenol terpenos han sido identificados por ser los compuestos responsables por conferir la actividad antibacteriana a los AE (Adelakun et al., 2016), ya que los fenol terpenos se unen a los grupos amina e hidroxilamina de las proteínas de la membrana bacteriana, alterando así su permeabilidad y provocando la muerte de la bacteria (Bassolé y Juliani, 2012). Además de la alteración de la permeabilidad de la membrana bacteriana, la disrupción de las funciones de las bombas de eflujo, la liberación de metabolitos y iones citoplasmáticos, la alteración de la morfología celular y la interferencia en el *quorum sensing* son los mecanismos de acción antibacteriana más conocidos de los aceites esenciales (Nazzaro et al., 2013).

2.2.5. Actividad antioxidante

Los AE son una fuente de antioxidantes naturales no tóxicos comparados a los antioxidantes sintéticos comúnmente utilizados en la industria alimentaria para inhibir o retardar la oxidación lipídica. El mecanismo de actividad antioxidante de los aceites esenciales está relacionado con su composición. El desempeño como agente antioxidante

de un AE es el resultado de una interacción compleja entre los compuestos fenólicos de los aceites esenciales y el material oxidable que será protegido (Misharina et al., 2009). Los terpenoides y los fenilpropanoides están constituidos por compuestos fenólicos, los cuales son los responsables por conferir la actividad antioxidante a los aceites esenciales (Adelakun et al., 2016).

2.2.6. Rendimiento de extracción

Los AE se extraen de las plantas mediante la técnica de hidrodestilación, en la mayoría de los casos, y también presionando el pericarpio de los frutos; las flores, hojas, corteza, rizomas y frutos son materias primas para su elaboración (Bizzo et al., 2009). El rendimiento de extracción (% Volumen máximo de aceite esencial obtenido (v)/Peso de muestra (w)) relaciona la máxima cantidad de aceite que se puede obtener a partir de las hojas de las plantas en estado fresco o seco (Meyer Torres et al., 2018).

2.2.7. Compuestos identificados (% abundancia relativa)

Los principales constituyentes de los AE son los terpenos de bajo y medio peso molecular como los monoterpenos, los sesquiterpenos y, en menor medida, los diterpenos. Los monoterpenos son las moléculas más abundantes, llegando a representar hasta el 90% del aceite. Dentro de las estructuras moleculares de algunos de los compuestos más comunes que forman parte de los AE, son los compuestos α -pineno, β -pineno, mirceno, limoneno, 1,8-cineol y alcanfor se clasifican como monoterpenos, y los compuestos trans-cariofileno y óxido de cariofileno como sesquiterpenos (Usano-Alemanly et al., 2014), entre otros.

2.2.8. Diámetro de la zona de inhibición

Es la zona alrededor de un disco de antibiótico en un antibiograma en el que no se produce crecimiento bacteriano en una placa de agar inoculado con el germen (Balouiri et al., 2016).

2.2.9. Actividad antioxidante

Los antioxidantes constituyen un sistema de defensa para las plantas; por lo tanto, exhiben la misma función en el organismo humano. La capacidad antioxidante de los aceites esenciales puede aumentar si contiene estructuras fenólicas en su composición (Amorati et al., 2013; Meyer Torres et al., 2018). La capacidad antioxidante de los AE se determina por el contenido de metabolitos y el modo de acción de cada uno de ellos; para evaluar esto, se utilizan los métodos de Fenoles Totales, DPPH, ABTS, FRAP y ORAC (Lemos et al., 2017; Boom et al., 2018).

2.2.10. Contenido total de compuestos fenólicos

Los fenoles son compuestos aromáticos que están formados por uno o varios grupos funcionales hidroxilo. Son metabolitos vegetales secundarios que se sintetizan mediante diferentes rutas. Se les clasifica en taninos, ligninas y flavonoides y son agrupados por el número de sustituyentes fenólicos dentro de la molécula. El método de Folin Ciocalteu es una técnica espectrofotométrica, basado en una reacción redox (Qarah et al., 2018) que se emplea para predecir la cantidad de compuestos aromáticos hidroxilados y es un método no específico, cuyos resultados son expresados como mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) (como estándar) / 100g de muestra, pero otros fenoles, como la catequina o los ácidos tánico, clorogénico, caféico, vanílico y ferúlico, también pueden ser empleados (Diniz do Nascimento et al., 2020).

2.2.11. Familias de especies vegetales

a) *Piperaceae*

La familia de los *Piperaceae* contiene una diversidad de árboles de tamaño medio, arbustos o bejucos distribuidos en distintas regiones de los trópicos de América, África, Asia y el Pacífico Sur. La constituyen alrededor de 3 000 especies, agrupadas en tres subfamilias: *Piperoideae*, *Verhuellioideae*, y *Zippelideae* (Samain et al., 2008). La diversidad de la familia tiene como centro de distribución América del Sur, del Centro y Malasia, no obstante se distribuye en los continentes mayores (Quijano-Abril et al., 2006). Las especies en América del Sur, se desarrollan en una amplia zona de la selva tropical, desde el nivel del mar hasta los 2 000 m de altitud. *Piper* constituye un género importante de la familia y consigna alrededor de 2 000 especies, los AE de estos poseen actividades antimicrobianas y citotóxicas (Setzer et al., 2008; Da Silva et al., 2011). Asimismo, diferentes especies del género también se conocen por tener propiedades medicinales y aromáticas (Picard et al., 2014; Raut y Karuppayil, 2014). Dentro de la síntesis y del metabolismo diverso y especializado del género se incluye alcaloides, terpenoides y flavonoides (Scott et al., 2007). Dentro de las especies que se consideraron en la investigación se tuvo a *Piper glabribaccum*, que crece esencialmente en un bioma tropical húmedo y su área de distribución nativa de esta especie es Perú, *Piper aduncum* y *Piper amalago* que son originarios de América tropical.

b) *Magnoliaceae*

Magnoliaceae son una familia de angiospermas perteneciente al orden *Magnoliales* y está constituida por 17 géneros y alrededor de 300 especies (Figlar y Nootboom, 2004). Aproximadamente 219 especies del género *Magnolia* están compuestas por plantas

leñosas con flores primitivas. Se distribuyen en regiones tropicales y subtropicales, con presencia relevante en el sur de los Estados Unidos, México, Centro América, el Caribe y el sudeste asiático (Mabberley, 2017), abarcando árboles y arbustos caducifolios y perennifolios de una altura aproximada entre 9 a 31 metros (Dorothy, 1994). Es apreciada y poseen un valor ornamental único por sus grandes y aromáticas flores blancas, amarillas, rosas y moradas, sus hojas frecuentemente lisas y brillantes y sus frutos en forma de cono, además tienen una relevante importancia económica como compuestos naturales aromáticos y bioactivos (Shen et al., 2008; Ghosh et al., 2021), Dentro de los componentes químicos identificados en los AE de *Magnolia* incluyen hidrocarburos monoterpénicos, monoterpenoides, hidrocarburos sesquiterpénicos y sesquiterpenoides (Zeng et al., 2011; Morshedloo et al., 2017). No obstante en este género se ha descrito y reportado dos nuevas especies en el departamento de Cajamarca, Perú, *Magnolia jaenensis* y *Magnolia manguillo*, constituyendo los primeros registros de *Magnolia* distribuidos en los bosques montanos peruanos en alturas que superan los 2100 m (Marcelo-Peña y Arroyo, 2013), las cuales han sido materia de estudio en la investigación.

c) Rutaceae

La *Rutaceae* es una familia de plantas con flores, se conoce como la familia de los cítricos, perteneciente al orden *Sapindales*. Las flores poseen olores intensos. Varían en forma y tamaño constituyendo hierbas, arbustos y árboles pequeños. La familia contiene 160 géneros y 1900 especies, algunos de ellos por sus flores perfumadas sirven de insumo para la elaboración comercial de aceites. Dentro de los componentes de los AE de esta familia se encuentra la citronela y la bergamota (Aziz et al., 2010), además limonoides, flavonoides, cumarinas, aceites volátiles y alcaloides, que presentan propiedades medicinales, antimicrobianas, insecticidas o herbicidas (Li et al., 2022). Se estudiaron las especies *Esembeckia cornuta* y *Zanthoxylum fagara* presentes en los bosques tropicales estacionalmente secos y distribuidos naturalmente en el valle del río Marañón, al noreste del Perú, considerando a la primera como una especie endémica (Marcelo-Peña et al., 2019).

d) Verbenaceae y Asteraceae

Las plantas de la familia *Verbenaceae* están conformadas por hierbas, árboles y arbustos, estas se distribuyen por Sudamérica, Centroamérica y África tropical, consta de alrededor de 90 géneros y 2 000 especies (Pascual et al., 2001), dentro de las cuales se incluyen al género *Lippia*. La familia *Asteraceae* se distribuye en casi todos los continentes a excepción de la Antártida (Funk et al., 2005), agrupa 32 913 especies distribuidas alrededor de 1 911 géneros, considerada la familia de Angiospermas con mayor riqueza y

diversidad biológica (Jeffrey, 2007; Stevens, 2001), Los AE de las plantas de las dos familias han demostrado actividad antimicrobiana y antioxidante (Hennebelle et al., 2008; Maggi et al., 2009). Las especies estudiadas comprendieron *Lippia alba* y *Tessaria integrifolia*.

III. METODOLOGÍA

3.1 Método de la Investigación

El método de la investigación es aplicada, experimental y cuantitativa.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental y de enfoque cuantitativo. Se trabajó bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), en el que la variable estudiada es la especie vegetal, cuyo nivel inicial es de treinta especies, continuando el estudio con las nueve que presentaron mayor rendimiento de extracción.

3.3 Población y muestra

Población

Especies vegetales nativas y no nativas de la Provincia de Jaén, colectadas en los periodos de julio a septiembre del año 2023 y de febrero a marzo de 2024.

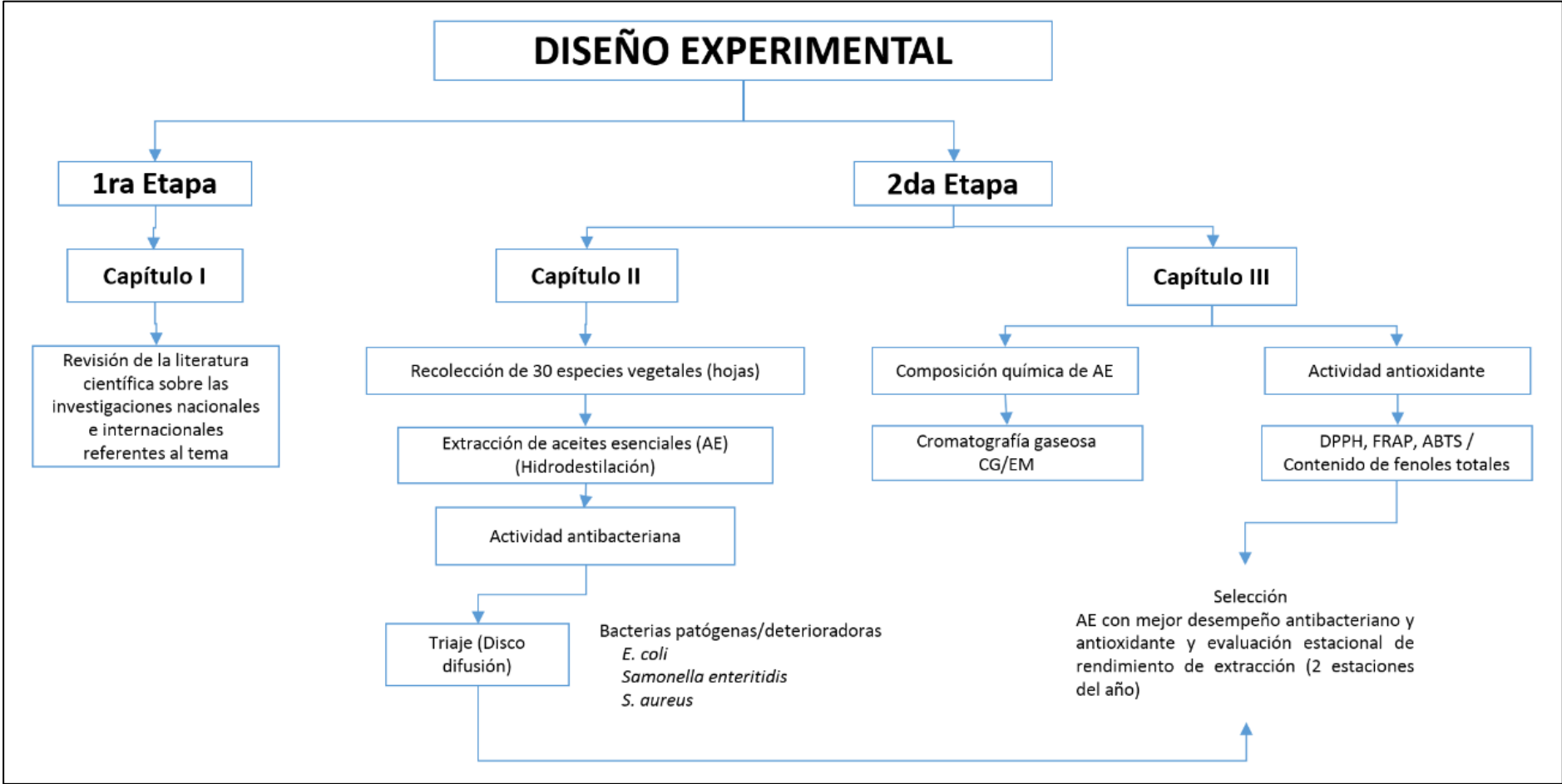
Muestreo

No probabilístico por conveniencia.

Muestra

Treinta especies vegetales de la provincia de Jaén colectadas en el periodo de julio a septiembre del año 2023, de las cuales las especies vegetales que presentaron mejores propiedades biológicas de sus AE extraídos, se recolectaron en el periodo de febrero a marzo del año 2024.

Figura 1 Esquema del diseño experimental del proyecto



3.4 Operacionalización de las variables de estudio

A continuación se muestra en la tabla 2 las definiciones conceptuales, operacionales, dimensiones e indicadores de las variables de estudio.

Tabla 2 Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	
INDEPENDIENTE	Especie vegetal	Plantas clasificadas botánicamente a nivel de especie.	Selección botánica	30 diferentes especies vegetales de la Provincia de Jaén (Tabla 1)	Especies vegetales especificadas en la Tabla 4.
	Época de recolección	Temporada o estación del año para la recolección de muestras (material vegetal) de las plantas o especies vegetales.	Condición ambiental	02 épocas del año con condiciones climáticas opuestas o diferentes (extremadamente cálido y fresco) para la recolección de las especies vegetales. Periodo de julio a septiembre 2023 y febrero a marzo 2024	Febrero (29-35°C) Julio (18-24°C)
DEPENDIENTE	Rendimiento de extracción	Cantidad de AE que se obtiene a partir de una determinada cantidad de material vegetal (fresco o seco) sometido a un proceso de extracción, como la hidrodestilación.	Variación fisiológica	Fracción de AE extraído (Volumen) en relación al peso (W) del material vegetal utilizado para la extracción. Se expresa en porcentaje.	% de AE extraído
	Actividad antibacteriana	Zona de inhibición: Es la zona sin crecimiento bacteriano alrededor de un disco de papel conteniendo el AE, que fue colocado dentro de la placa de agar inoculada con el microorganismo a probar.	Diámetro de la zona de inhibición (DZI)	El DZI se examina con los AEs al 100%, utilizando el método de difusión en disco.	Diámetro de la zona de inhibición (mm)

Actividad antioxidante	Es la capacidad de los AE para inhibir la degradación oxidativa, gracias a su capacidad para atrapar los radicales libres.	Capacidad antioxidante equivalente a un estándar	Se determina la capacidad antioxidante de un AE para capturar el radical libre 2,2-difenil-1-picryl-hidrazyl-hidrato (DPPH), en comparación con el estándar de Trolox. FRAP y ABTS	(μmol Trolox equivalente/g) (μmol Fe ²⁺ /g) (μmol TE/g)
Contenido total de compuestos fenólicos	Es el contenido total de compuestos que poseen el grupo fenol unido a estructuras aromáticos o alifáticas que posee un aceite esencial.	Caracterización química	Cuantificación de grupos fenol del AE que están asociados al reactivo de Folin-Ciocalteu. La cuantificación se hace con el estándar ácido gálico.	mg de equivalentes de ácido gálico / 100 g de AE
Composición química	Comprende el conjunto de compuestos químicos presentes cada uno en determinadas cantidades en un AE.	Caracterización química	Identificación de compuestos químicos en relación a su espectro de masa y determinación de su cantidad relativa en función al área total de los picos de todos los compuestos detectados en un cromatograma.	% de abundancia relativa

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizarán técnicas de evaluación e instrumentales, como se detalla a continuación en la tabla 3.

Tabla 3 Resumen de evaluación, métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Evaluación	Método	Técnica	Instrumento
Obtención del AE	Extracción	Hidrodestilación	Destilador tipo Clevenger
Actividad Antibacteriana	Método de difusión en disco	Antibiograma	Vernier
Actividad antioxidante	Ensayo DPPH, FRAP y ABTS	Fluorescencia	Espectrofluorímetro
	Método de Folin-Ciocalteu	Espectrofotométrica	Espectrofluorímetro
Composición Química	Caracterización por cromatografía gaseosa	Análisis de Cromatografía Gaseosa acoplada a Espectrometría de Masas	Cromatógrafo CG/EM

Los procedimientos para la recolección de datos se detallan:

Los puntos de georreferenciación tomados en la colecta de las plantas se registraron en una matriz en Excel y se procesaron en el software ArcGIS, los datos de extracción y rendimiento de los AE del material vegetal realizados por hidrodestilación con relación de volumen/peso (mL/g) se tabularon en un registro de Excel, asimismo los datos de la actividad antibacteriana fueron colectados mediante pruebas microbiológicas: antibiogramas o pruebas de susceptibilidad a antimicrobianos evaluando los diámetros de la zona de inhibición (mm). Los datos de la composición química se obtuvieron por cromatografía gaseosa y espectrometría de masas expresados en porcentaje (%) e identificación de componentes.

De los instrumentos: Los datos de la extracción de los AE se reportó del uso de dos destiladores tipo Clevenger. Asimismo, los datos de la capacidad de absorción de radicales libres expresados como lecturas de absorbancia a 517 y 740 nm (DPPH, FRAP, ABTS y contenido total de compuestos fenólicos) fueron recogidos y tabulados en un registro en Excel. Los datos referentes a la detección, índice de retención y el área de los compuestos de los AE se obtuvieron haciendo uso de un cromatógrafo gaseoso acoplado a un espectrómetro de masas, identificando los compuestos comparándolos con bibliotecas especializadas digitales.

Actividades del proceso investigativo

El trabajo se dividió en 2 etapas y 3 capítulos, la primera etapa consistió en realizar una revisión de la literatura sobre las investigaciones nacionales e internacionales referente al uso del método de extracción de AE por hidrodestilación y analizar los parámetros considerados para obtener una mayor efectividad en el rendimiento de extracción, los cuales fueron evaluados, seleccionados y utilizados en la etapa de extracción del proyecto, además concierne a las propiedades biológicas y composición química de AE extraídos de géneros o familias de plantas similares que fueron utilizadas en la investigación, siendo este el primer capítulo (capítulo I) de la tesis doctoral.

La segunda etapa consistió en la ejecución experimental del proyecto para investigar las propiedades biológicas y composición química de los AE, la cual comprendió los dos siguientes capítulos de la tesis: se colectó, transportó y acondicionó en ambientes exclusivos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ) 30 especies vegetales distribuidas en el ámbito geográfico de la Provincia de Jaén, se elaboró un mapa de distribución geográfica de las especies con los datos obtenidos de los puntos de georreferenciación de la colecta, posteriormente se realizó la extracción de los AE de las 30 especies vegetales colectadas por medio de hidrodestilación, después se realizó un levantamiento y evaluación de la actividad antibacteriana de los AE obtenidos (capítulo II). Consecutivamente se analizó la composición química de los AE obtenidos por cromatografía gaseosa acoplado a un espectrómetro de masas y se evaluó la actividad antioxidante, para finalizar con una segunda colecta, extracción y evaluación estacional de los AE seleccionados con respecto al rendimiento de extracción (capítulo III).

Primera Etapa

Capítulo I

3.5.1 Revisión de la literatura

Se realizó y consolidó metódicamente una revisión bibliográfica, de fuentes de información primaria, libros online en español y en inglés, páginas oficiales (webs corporativas e institucionales), y artículos científicos de revistas importantes en inglés, utilizando bases de datos de Microsoft academy, Scopus, Science direct, Pubmed, repositorios y bibliotecas digitales. Posteriormente se hizo una síntesis de todos los estudios afines al tema investigativo, de los cuales se exploró conceptos, historia, ubicación, aplicaciones y tendencias sobre los AE obtenidos de diferente material vegetal en general y de las plantas del presente estudio; consumando esta acción como la base teórica del proyecto doctoral. Además, se buscó la descripción de los compuestos

químicos, métodos de extracción empleados para la obtención de AE, rendimiento de extracción y propiedades fisicoquímicas y biológicas. Posteriormente, se buscó información relevante sobre las 30 plantas de las 12 familias que se detallan en la tabla 2, sus características botánicas, usos más comunes, el género, las actividades biológicas, el perfil fitoquímico y los métodos de extracción. Concluida la revisión, el criterio de selección de las 30 plantas fue teórico, definido por su mayor composición de AE (perfil aromático) y al posible mayor rendimiento de extracción por hidrodestilación.

3.5.2 Selección e identificación de especies vegetales

Las 30 plantas seleccionadas para el estudio tuvieron un criterio de inclusión en torno a las características aromáticas que presentaban según fuentes de literatura científica y reportes herbarios y fueron previamente identificadas por el Ing. Forestal y Ambiental Jorge Antonio Fernández Jibaja y el Biólogo Dr. Alexander Huamán Mera, los cuales reportaron que de las 30 especies planteadas (tabla 2), 22 constituían al ámbito de estudio y 8 de ellas no eran nativas (zona geográfica de la Provincia de Jaén), encontrándose en otras regiones del Perú: Amazonas, Cusco, Madre de Dios y Piura; es por ello que se tomó la decisión de reemplazarlas por plantas nativas y/o endémicas de la provincia (tabla 3), para contar con la totalidad del material vegetal distribuidas en el ámbito geográfico propuesta en la investigación, según detalle (tabla 4)

Además, se solicitó autorización con fines de investigación científica de flora silvestre con colecta a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de la región Cajamarca de la Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), recibiendo la autorización por parte de la entidad mediante acto resolutivo: RA N° D000122-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CAJAMARCA (anexo 14).

Tabla 4 Familia, nombre científico y tipo de planta de las 30 especies vegetales de la propuesta inicial del estudio

Nº	Familia	Género y especie	Tipo de planta según su tamaño
1	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Árbol
2	APOCYNACEAE	<i>Cascabela thevetia</i>	Árbol
3	APOCYNACEAE	<i>Vallesia glabra</i>	Arbusto
4	ASTERACEAE	<i>Tessaria integrifolia</i>	Arbusto
5	BIGNONIACEAE	<i>Cybistax antisiphilitica</i>	Árbol
6	BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Árbol
7	BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Árbol
8	CANNABACEAE	<i>Celtis loxensis</i>	Árbol

9	ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum dillonii</i>	Arbusto
10	EUPHORBIACEAE	<i>Croton adipatus</i>	Arbusto
11	EUPHORBIACEAE	<i>Croton thurifer</i>	Arbusto
12	EUPHORBIACEAE	<i>Croton xanthochylus</i>	Arbusto
13	EUPHORBIACEAE	<i>Ditaxis dioica</i>	Arbusto
14	EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha humboldtiana</i>	Arbusto
15	LYTHRACEAE	<i>Adenaria floribunda</i>	Arbusto
16	LYTHRACEAE	<i>Lafoensia acuminata</i>	Árbol
17	MALVACEAE	<i>Luehea paniculata</i>	Árbol
18	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia jaenensis</i>	Árbol
19	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia manguillo</i>	Árbol
20	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia sanchez-vegae</i>	Árbol
21	PIPERACEAE	<i>Piper aduncum</i> L.	Arbusto
22	PIPERACEAE	<i>Piper amalago</i> L.	Arbusto
23	PIPERACEAE	<i>Piper heterophyllum</i>	Árbol
24	RUTACEAE	<i>Amyris pinnata</i>	Árbol
25	RUTACEAE	<i>Dictyoloma peruviana</i>	Árbol
26	RUTACEAE	<i>Esenbeckia cornuta</i>	Árbol
27	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.)	Árbol
28	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum maranionense</i>	Árbol
29	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum rigidum</i>	Árbol
30	VERBENACEAE	<i>Lippia alba</i>	Arbusto

Tabla 5 Relación de especies vegetales no nativas de la Provincia de Jaén y especies de reemplazo

N°	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Ubicación
1	Apocynaceae	<i>Vallesia glabra</i>	Peralillo	Región de Amazonas
	Reemplazada por Boraginaceae	<i>Cordia iguaguana</i>	Iguaguana	Jaén (Cajamarca)
2	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum dillonii</i>	-	Región de Piura
	Reemplazada por Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Toropate	Jaén (Cajamarca)
3	Euphorbiaceae	<i>Ditaxis dioica</i>	-	Región de Amazonas
	Reemplazada por Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Cerezo	Jaén (Cajamarca)
4	Lythraceae	<i>Lafoensia acuminata</i>	Guayacán de Manizales, roble amarillo	Región de Cuzco
	Reemplazada por Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i>	Overo	Jaén (Cajamarca)
5	Magnoliaceae	<i>Magnolia Sanchez-Vegae</i>	-	Región de Amazonas
	Reemplazada por Theophrastaceae	<i>Jacquinia nucronata</i>	Lishina	Jaén (Cajamarca)
6	Piperaceae	<i>Piper heterophyllum</i>	-	Región de Madre de Dios
	Reemplazada por Piperaceae	<i>Piper glabribaccum</i>	Matico macho	Jaén (Cajamarca)
7	Rutaceae	<i>Amyris pinnata</i>	-	Región de Amazonas
	Reemplazada por Capparaceae	<i>Capparis scabrida</i>	Zapote de perro	Jaén (Cajamarca)
8	Rutaceae	<i>Zanthoxylum maranionense</i>	-	Región de Amazonas
	Reemplazada por Malvaceae	<i>Guazuma Ulmifolia</i>	Guazimo	Jaén (Cajamarca)

Segunda Etapa

Capítulo II

3.5.3 Colecta del material vegetal

Las 30 especies vegetales (tablas 4 y 5) se colectaron *in situ*, las muestras constituyeron de hojas frescas, las cuales se cortaron cuidadosamente desde el inicio de la hoja, evitando el daño de la planta y permitiendo así un nuevo rebrote. Esta actividad se realizó en horas de la mañana preferentemente, evitando la contaminación proveniente del polvo, tierra y materias extrañas, la recolección abarcó geográficamente los distritos de Jaén y Bellavista de la Provincia de Jaén, Cajamarca, Perú, se anotaron las coordenadas (tabla 6) con GPS (Garmin, GPSMAP 64sx) para elaborar un mapa de distribución (figura 3), el material vegetal se trasladó en bolsas oscuras de plástico rotuladas y se acondicionó en ambientes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la UNJ para su adecuado procesamiento (figuras 2 y 5) y (ver anexo 1). La colecta en campo se ejecutó en 2 épocas estacionales, 30 especies de julio a septiembre de 2023 (secano) y 9 de ellas de febrero a marzo de 2024 (lluvioso),

3.5.4 Pre tratamiento del material vegetal

a) Limpieza

Las hojas frescas de cada especie vegetal se limpiaron y seleccionaron separando aquellas con daños físicos, con presencia de hongos y/o cualquier impureza impregnada.

b) Secado

Las hojas sanas se secaron bajo sombra por un periodo de 72 horas a temperatura ambiente. Para lograr que el secado sea homogéneo, se extendieron las hojas sobre mantas limpias, permitiendo la transferencia del flujo de aire a todo el material vegetal

c) Molido

Las hojas secas se cortaron en trozos pequeños y se trituraron utilizando un molino eléctrico con motor. Se realizó la molienda hasta obtener una muestra homogénea de partículas pequeñas.

Figura 2 *Pre tratamiento y procesamiento del material vegetal*



Colecta y georreferenciación



Secado



Molido



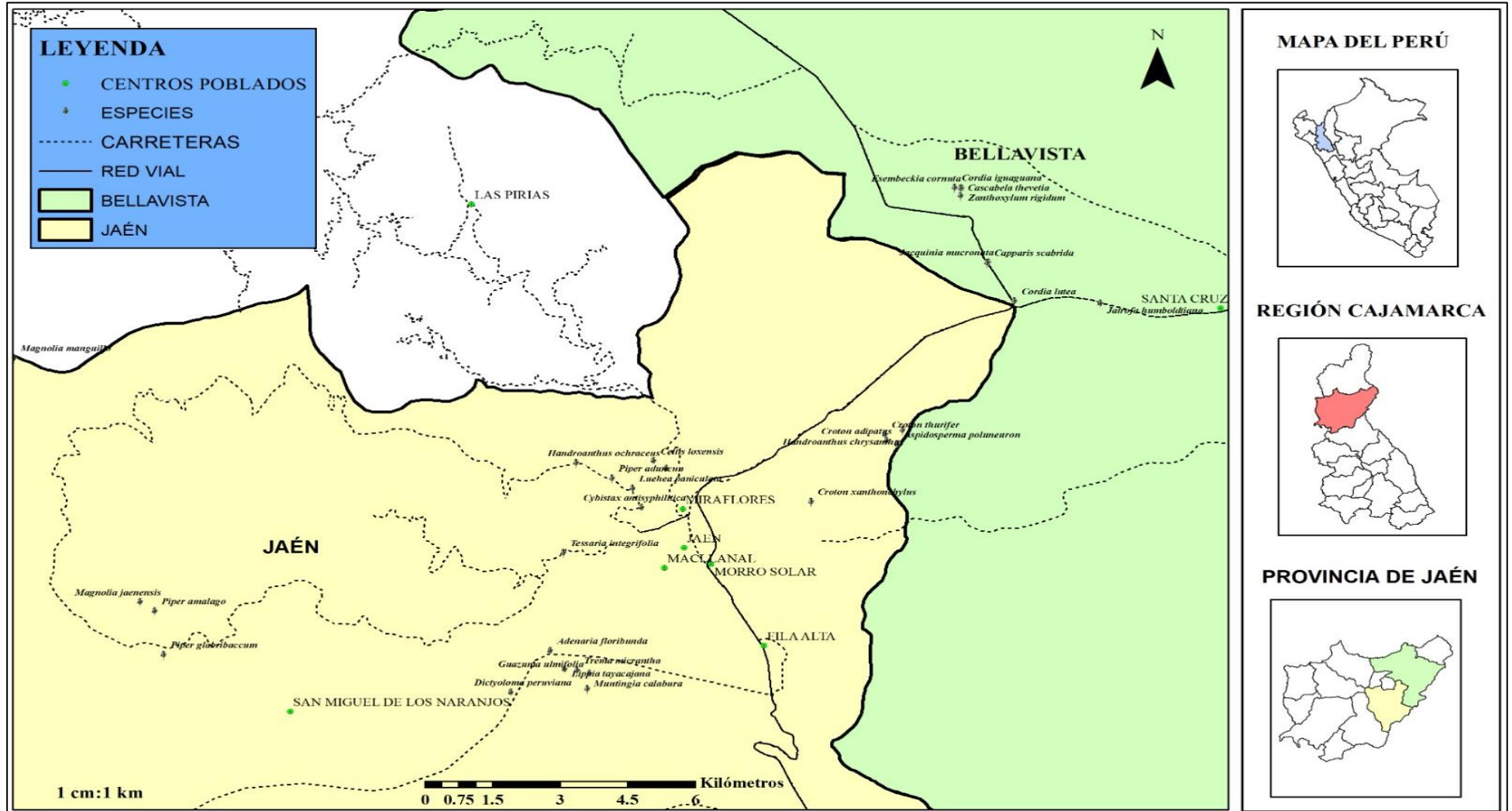
Destilación

Tabla 6 Georreferenciación de especies vegetales de la selección final del estudio

Nombre Científico	Nombre Común	Ubicación	Coordenadas UTM			Altitud (msnm)
			zona	x	y	
Aspidosperma polyneuron	Acerillo	Gotas de agua - Jaén	17	747362	9371130	709
Cascabela thevetia	-	Linderos - Jaén	17	748806	9377964	717
Tessaria integrifolia	Pajaro bobo	Río Amojú - Jaén	17	739952	9368225	851
Cybistax antisiphilitica	Yangua	Carretera Loma Santa	17	741685	9369430	986
Handroanthus chrysanthus	Huayacan	Carretera Loma Santa	17	747487	9371508	755
Handroanthus ochraceus	Huayacan	Carretera Loma Santa	17	740242	9370631	1339
Cordia iguaguana	Iguaguana	Sector Shanango	17	748823	9377993	722
Cordia lutea	Overo	Sector Shanango	17	749967	9374955	556
Celtis loxensis	-	Sector El Huito - Jaén	17	741955	9370679	922
Trema micrantha	Toropate	Sector Tabacal	17	740256	9365079	1344
Capparis scabrida	Zapote de perro	Sector Shanango	17	749360	9375982	600
Croton adipatus	Croton	Gotas de agua - Jaén	17	747127	9371220	721
Croton Thurifer	Croton	Gotas de agua - Jaén	17	747094	9371386	681
Croton xanthochylus	-	Camino Gotas de agua - Jaén	17	745450	9369595	757
Jatrofa humboldtiana	Piñon	Santa Cruz - Bellavista	17	751871	9374896	518
Adenaria floribunda	Sinrugo	Carretera Las Naranjas	17	739996	9365124	1287
Magnolia jaenensis	Negrillo	La Virginia	17	730913	9366757	2130
Magnolia manguillo	Manguillo	San Luis del retiro	17	727758	9373433	2328
Luehea paniculata	Falso roble	Carretera Loma Santa	17	741487	9369943	1060
Guazuma Ulmifolia	-	Sector Tabacal	17	740331	9365029	1346

Muntingia calabura	Cereso	Sector Tabacal	17	740316	9365046	1342
Piper aduncum L	Matico	Carretera Loma Santa	17	741031	9370222	1151
Piper amalago	Matico	Carretera La Virginia	17	730878	9366686	2135
Piper glabribaccum	Matico macho	La Virginia	17	731081	9365499	2102
Zanthoxylum rigidum	Teta de coche	Sector Shanango	17	748800	9377972	717
Esembeckia cornuta	bofiyo	Sector Shanango	17	748776	9377978	710
Zanthoxylum fagara	Espino	Sector el Huito	17	742073	9370455	865
Dictyoloma peruviana	Barbasco	Las Naranjas	17	738791	9364496	1344
Jacquinia mucronata	Lishina	Sector Shanango	17	749387	9375996	600
Lippia alba	Pampa orégano	Sector Tabacal	17	739986	9365111	1260

Figura 3 Distribución geográfica de las especies vegetales colectadas



3.5.5 Extracción de AE

La revisión sistemática de la literatura permitió identificar, evaluar, sintetizar y seleccionar las condiciones y parámetros que definieron la extracción por hidrodestilación y el cálculo del rendimiento de extracción de los AE en la investigación. El pre tratamiento (tabla 7) antes de la extracción de las hojas colectadas tuvo varias etapas: limpieza, triturado, molido y secado (figuras 2 y 5). Para la extracción del AE la relación peso/volumen se definió en 1/11, el tiempo de destilación fue de 2 h, además donde se consideró el tiempo en el que cae la primera gota de AE, el proceso se describe a continuación:

La extracción por hidrodestilación se realizó haciendo uso de dos equipos Clevenger (Figura 4), el funcionamiento se basó en someter a las muestras a temperaturas de 400 a 450°C, hasta alcanzar el punto de ebullición. Esto se logró por medio de una manta de calentamiento. Una vez que la evaporación inició, la mezcla de vapor de agua y compuestos volátiles ascienden del balón hacia el condensador para luego condensarse, donde el agua es devuelta al balón y el AE queda acumulado en la trampa Clevenger, para que se colecte por medio de una bureta provista de una llave.

La proporción peso/volumen fue de 1 (g de muestra) / 11 (ml de agua destilada). Con la ayuda de una balanza se pesó 300 g de muestra vegetal y se midió en una probeta 3300 ml de agua destilada. Se utilizó un embudo para añadir la muestra al balón del equipo de hidrodestilación, seguido a ello se armó el equipo uniendo el balón a la trampa Clevenger y al refrigerante, luego se dio inicio a la extracción del AE, la cual se realizó durante 2 horas.

Al término de la extracción del AE, se almacenó en frascos ámbar y se congeló por 1 día, para eliminar la humedad remanente la muestra se centrifugó y se cuantificó el volumen del sobrenadante obtenido. Los aceites deshidratados se almacenaron en un frasco ámbar y se mantuvieron en refrigeración a 4°C hasta su uso. Con estos volúmenes se calculó el rendimiento de extracción para cada especie (figura 5).

Figura 4 Flujograma del proceso de extracción de AE

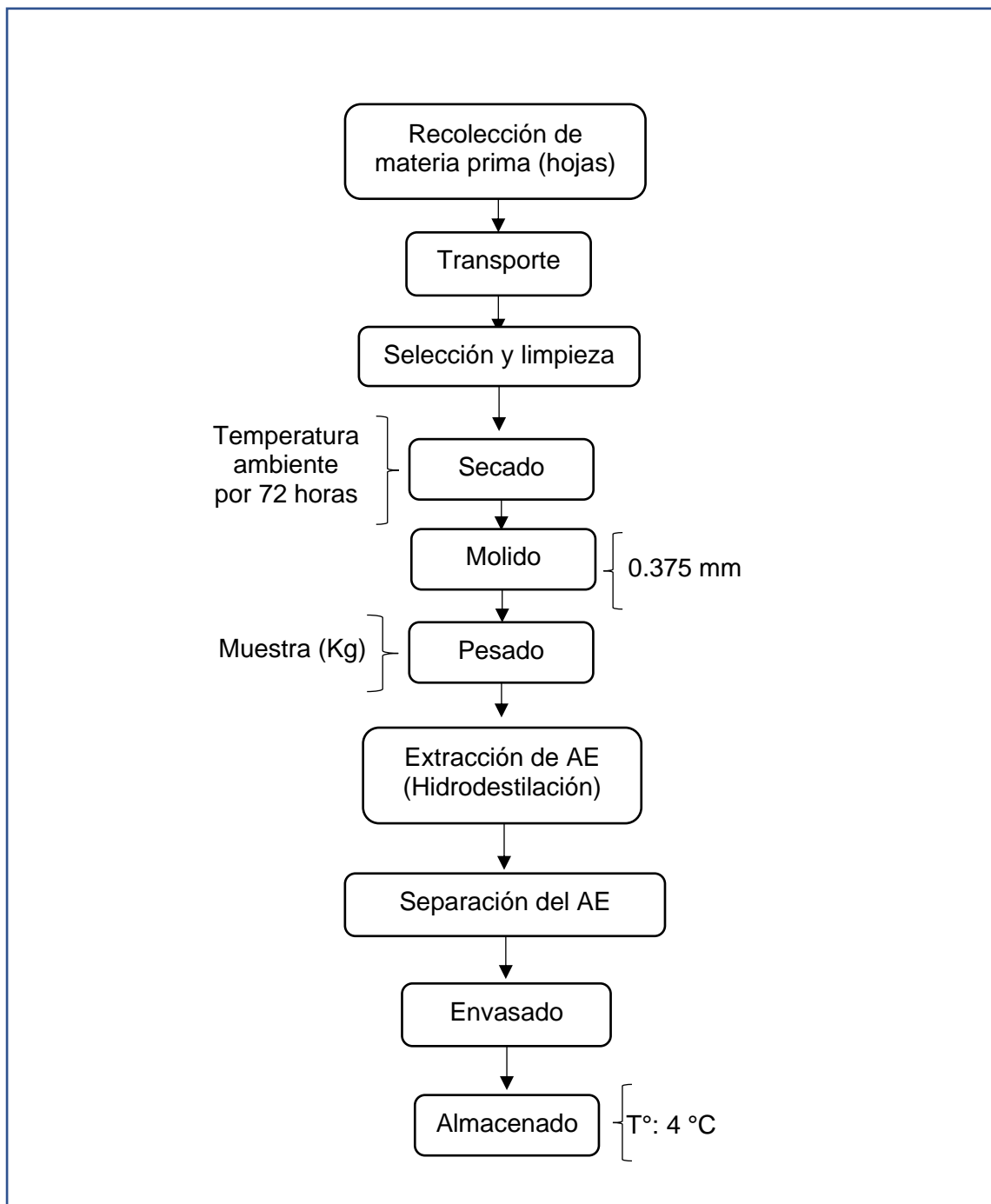


Figura 5 Equipos de hidrodestilación Clevenger



Figura 6 Proceso de extracción de AE



3.5.6 Rendimiento de extracción del AE

El rendimiento de extracción se calculó con la ecuación (1) (Rao et al., 2005) adaptada.

$$\text{Rendimiento de Extracción (\%)} = \frac{\text{Volumen de AE extraído (mL)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100 \quad (1)$$

3.5.7 Actividad antimicrobiana

(1) Actividad antibacteriana

(a) Cepas bacterianas

Las cepas bacterianas que se evaluaron fueron cultivos estándar pertenecientes a la *American Type Culture Collection* (ATCC). Las bacterias potencialmente asociadas con la deterioración de alimentos y patógenas evaluadas fueron *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella Enteritidis* ATCC 13076 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

(b) Triage por el método de difusión en disco

Los 09 AE extraídos se examinaron utilizando el método de difusión en disco, siguiendo el protocolo M02-A11 de la *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2012b). Los AE fueron evaluados puros (100%). Las cepas bacterianas se cultivaron en *Tryptic soy agar* (TSA) y las colonias aisladas de cada bacteria se transfirieron a tubos de solución salina estéril (NaCl 0.85%) hasta alcanzar una densidad óptica de 0.08 a 0.1 de absorbancia a la longitud de onda de 625 nm, que corresponde al estándar 0.5 *McFarland* equivalente a $1-2 \times 10^8$ CFU/mL (CLSI, 2012b). Este fue el inóculo o solución bacteriana de trabajo. Seguidamente, las placas de agar *Mueller Hinton* (MH) fueron inoculadas con el inóculo bacteriano respectivo con la ayuda de un isopo estéril. 10 μ L de cada AE (100%) fueron colocados en discos de papel estériles (Whatman No 3) de 6 mm de diámetro, los cuales se transfirieron a las placas de agar MH. En cada placa se colocaron tres discos conteniendo el mismo AE y un disco de antibiótico estreptomina como control positivo. Luego, las placas de agar MH se incubaron a 37°C durante 20 h. Después del periodo de incubación, los diámetros de la zona de inhibición (DZI) se midieron haciendo uso de un vernier. El experimento se llevó a cabo en triplicado (Sinche Ambrosio, 2020)

A continuación, con los valores de los diámetros de los halos de inhibición del crecimiento de los microorganismos se calculó para cada AE y microorganismo el porcentaje del efecto inhibitorio relativo respecto al control positivo.

Capítulo III

3.5.8 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de los AE se evaluó por el ensayo DPPH y por el contenido total de compuestos fenólicos, que se detallan a continuación:

(a) Ensayo DPPH

La capacidad antioxidante se determinó utilizando el método de radical libre 2,2-difenil-1-picryl-hidrazyl-hidrato (DPPH) propuesto por Scherer y Godoy, (2009). La mezcla de la reacción consistió en 500 μ l de las soluciones diluidas de los AE, 3 ml de etanol y 300 μ l de solución del radical DPPH (150 μ M) en etanol. Después, la reacción se dejó 45 minutos bajo oscuridad y la densidad óptica se midió a 517 nm. El etanol se utilizó como el blanco y se construyó una curva de calibración con *Trolox* como patrón a concentraciones que oscilaron entre 10 y 100 μ M. Los resultados se expresaron en μ M de *Trolox* equivalente (TE) por g de la muestra (μ mol TE/g).

(b) Ensayo ABTS

La capacidad antioxidante se determinó utilizando el método planteado por Re et al., (1999). El catión radical ABTS \bullet se generó mediante la reacción de 5 ml de solución acuosa de ABTS (7 mM) con 88 μ L de persulfato de potasio 140 mM (concentración final de 2,45 mM). La mezcla se mantuvo en la oscuridad durante 16 h antes de su uso y luego se diluyó con 50 % de etanol para obtener una absorbancia de $1,0 \pm 0,02$ unidades a 734 nm usando un espectrofotómetro. Se dejó que los AE (30 μ L) o una sustancia de referencia (*Trolox*) reaccionaran con 3 ml de la solución radical ABTS azul-verde. La disminución de la absorbancia a 734 nm se midió después de 6 min. Para la calibración se utilizaron soluciones etanólicas de concentraciones conocidas de *Trolox*. Los resultados se expresan como micromoles de equivalentes de *Trolox* (TE) por gramo de muestra (μ mol de TE/g).

(c) Ensayo FRAP

Se tomó como referencia a Benzie y Strain, (1996) con algunas modificaciones, el reactivo FRAP se preparó haciendo un mezcla de 0.3 M tampón acetado (pH 3,6), 0.1 M TPTZ diluido en ácido clorhídrico 0.4 M y 0.2 M de cloruro férrico hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) en proporción de 10:1:1 de cada reactivo. El reactivo se pipeteo a tubos de ensayo 2.7 ml, a continuación, se le agregó 90 μ l de AE y 270 μ l de agua destilada, luego se llevó a baño maría a 30 °C durante 4 minutos, finalmente se pasó lectura a 593 en un espectrofotómetro (marca: EMCLAB, modelo: EMC-11-UV, fabricado en Alemania). La

capacidad antioxidante se determinó a partir de una curva de calibración lineal de sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) de 200 a 3800 μM de concentración ($y = 0,0006x + 0,0853$, y $R^2 = 0.9949$). Todas las muestras se realizaron por triplicado. Los resultados finales fueron expresados en $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$.

(d) Contenido total de compuestos fenólicos

El contenido total de polifenoles de los AE se determinó utilizando el método de *Folin-Ciocalteu* descrito por (Singleton et al., 1999) con algunas modificaciones. Los AE se diluyeron en etanol y esta solución se homogenizó por 45 minutos en un baño de ultrasonido a 45°C. Los AE (150 μl) se mezclaron con 750 μl de reactivo de *Folin-Ciocalteu* (1:10) y 600 μl de 7.5 % de Na_2CO_3 . La densidad óptica se midió utilizando un espectrofotómetro a 740 nm después de 2 h de incubación a temperatura ambiente en la oscuridad. Un blanco se preparó en condiciones similares con agua destilada. Una curva de calibración utilizando ácido gálico como estándar se preparó y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por g de muestra (mg GAE/g).

3.5.9 Caracterización de la composición química

La caracterización química de los AE fue realizada por cromatografía de gases utilizando un Cromatógrafo Agilent GC System modelo 7890B, acoplado al detector de masas cuádruplo MSD 5977B. El AE fue diluido (1 μL de AE + 99 μL de hexano) previamente. La separación cromatográfica fue realizada en una columna capilar DB-5MS UI (60 m x 0.25 mm x 1.0 μm) y el helio fue utilizado como gas de arrastre con un flujo de 1 mL/min. La inyección fue realizada en modo *split* (50:1), siendo el volumen de inyección de 0.5 μL . El inyector, el detector, la línea de transferencia y la fuente de ionización fueron mantenidos a 220, 150, 240 y 280 °C, respectivamente. El horno fue programado inicialmente a 60 °C, la temperatura subió 3 °C.min⁻¹ hasta 246 °C y se mantuvo por 8 min, luego llegó a 300 °C a una tasa de 5 °C.min⁻¹. Los espectros de masa de cada compuesto fueron obtenidos en modo *scan* con un rango de masas (m/z) de 40 a 600 amu.

Los compuestos detectados fueron identificados por comparación con la base de datos de la biblioteca National Institute of Standards and Technology (NIST Library 17) y su identificación fue confirmada por la determinación del índice de retención a través de la inyección del estándar de n-alcanos (C_8 - C_{20}) (Adams, 2017).

3.6 Técnicas de análisis de resultados

Los datos fueron expresados en base al promedio de las repeticiones con su respectiva desviación estándar.

Inicialmente, un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias TUKEY al 5% de significancia fueron aplicados sobre los diámetros de la zona de inhibición (DZI) obtenidos del triaje de la actividad antibacteriana utilizando el software R para determinar la susceptibilidad de las cepas bacterianas a los AE. Asimismo, un análisis de componentes principales fue aplicado utilizando el software R y XLSTAT (Addinsoft, Nueva York, NY, EE. UU.).

Además, un ANOVA fue aplicado para detectar diferencias significativas en los parámetros de la cinética de crecimiento bacteriana A , λ y $\mu_{\text{máx}}$ después de la exposición de las bacterias a las concentraciones de AE ($p < 0.05$) utilizando el software R. Se detectaron diferencias significativas en esos parámetros, como efecto de las concentraciones del AE, el comportamiento de cada parámetro se modeló mediante regresión no lineal.

De igual forma, un ANOVA y la prueba de Tukey al 5% de significancia se aplicaron para detectar diferencias significativas entre la actividad antioxidante de los AE utilizando el software R.

Adicionalmente, un análisis factorial múltiple (AFM) fue aplicado para representar a los AE en función de la composición química, actividad antibacteriana y antioxidante utilizando XLSTAT (Addinsoft, Nueva York, NY, EE. UU.). Adicionalmente, se aplicó un análisis de conglomerados jerárquico (ACJ) sobre las coordenadas de los puntos proyectados del AFM basada en las distancias euclidianas para agrupar a los AE con perfiles similares de composición química y propiedades biológicas utilizando el software mencionado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Extracción de los AE

En las tablas 7 y 8 se detallan el procesamiento de las 30 especies vegetales colectadas en el periodo de julio a septiembre de 2023 y de las 09 colectadas en febrero y marzo de 2024 respectivamente.

Tabla 7 Cronograma del pre tratamiento y extracción del material vegetal de la primera colecta (30 especies)

Nombre Científico	Recolección	Limpieza y secado	Molido	Extracción
<i>Aspidosperma poluneuron</i>	08/07/2023	09/07/2023	12/07/2023	19/07/2023
<i>Piper aduncum</i> L	11/07/2023	12/07/2023	15/07/2023	19/07/2023
<i>Cybistax antisiphilitica</i>	19/07/2023	20/07/2023	23/07/2023	04/08/2023
<i>Luehea paniculata</i>	19/07/2023	20/07/2023	23/07/2023	04/08/2023
<i>Croton Thurifer</i>	23/08/2023	24/08/2023	27/08/2023	28/08/2023
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	25/08/2023	26/08/2023	29/08/2023	30/08/2023
<i>Handroanthus ochraceus</i>	25/08/2023	26/08/2023	29/08/2023	30/08/2023
<i>Croton adipatus</i>	25/08/2023	26/08/2023	29/08/2023	02/09/2023
<i>Magnolia jaenensis</i>	25/08/2023	26/08/2023	29/08/2023	03/09/2023
<i>Piper amalago</i>	25/08/2023	29/08/2023	29/08/2023	03/09/2023
<i>Cascabela thevetia</i>	31/08/2023	01/09/2023	04/09/2023	05/09/2023
<i>Jatrofa humboldtiana</i>	31/08/2023	01/09/2023	04/09/2023	05/09/2023
<i>Zanthoxylum rigidum</i>	31/08/2023	01/09/2023	04/09/2023	06/09/2023
<i>Esembeckia cornuta</i>	31/08/2023	01/09/2023	04/09/2023	06/09/2023
<i>Jacquinia mucronata</i>	01/09/2023	02/09/2023	05/09/2023	07/09/2023
<i>Tessaria integrifolia</i>	02/09/2023	02/09/2023	05/09/2023	07/09/2023
<i>Cordia lutea</i>	02/09/2023	02/09/2023	05/09/2023	08/09/2023
<i>Celtis loxensis</i>	02/09/2023	02/09/2023	05/09/2023	08/09/2023
<i>Adenaria floribunda</i>	03/09/2023	04/09/2023	07/09/2023	09/09/2023
<i>Dictyoloma peruviana</i>	03/09/2023	04/09/2023	07/09/2023	09/09/2023
<i>Croton xanthochylus</i>	05/09/2023	06/09/2023	09/09/2023	10/09/2023
<i>Magnolia manguillo</i>	05/09/2023	06/09/2023	09/09/2023	10/09/2023
<i>Piper glabribaccum</i>	11/09/2023	12/09/2023	15/09/2023	16/09/2023
<i>Zanthoxylum fagara</i>	11/09/2023	12/09/2023	15/09/2023	16/09/2023
<i>Lippia alba</i>	12/09/2023	13/09/2023	16/09/2023	22/09/2023
<i>Muntingia calabura</i>	23/09/2023	24/09/2023	27/09/2023	28/09/2023
<i>Trema micrantha</i>	24/09/2023	25/09/2023	28/09/2023	28/09/2023
<i>Cordia iguaguana</i>	24/09/2023	25/09/2023	28/09/2023	29/09/2023
<i>Guazuma Ulmifolia</i>	25/09/2023	26/09/2023	29/09/2023	29/09/2023

Tabla 8 Cronograma del pre tratamiento y extracción del material vegetal de la segunda colecta (09 especies)

Nombre Científico	Recolección	Limpieza y secado	Molido	Extracción
<i>Lippia alba</i>	27/02/2024	28/02/2024	02/03/2024	04/03/2024
<i>Esembeckia cornuta</i>	29/02/2024	01/03/2024	04/03/2024	05/03/2024
<i>Tessaria integrifolia</i>	29/02/2024	01/03/2024	04/03/2024	06/03/2024
<i>Piper amalago</i>	04/03/2024	05/03/2024	08/03/2024	11/03/2024
<i>Piper glabribaccum</i>	04/03/2024	05/03/2024	08/03/2024	11/03/2024
<i>Zanthoxylum fagara</i>	11/03/2024	12/03/2024	15/03/2024	18/03/2024
<i>Piper aduncum</i>	14/03/2024	15/03/2024	18/03/2024	19/03/2024
<i>Magnolia jaenensis</i>	16/03/2024	17/03/2024	21/03/2024	22/03/2024
<i>Magnolia manguillo</i>	16/03/2024	17/03/2024	21/03/2024	22/03/2024

Figura 7 Catálogo de plantas de las que se obtuvo AE



Lippia alba



Esembeckia cornuta



Tessaria integrifolia



Piper amalago



Piper glabribaccum



Piper aduncum



Magnolia jaenensis



Magnolia manguillo



Zanathoxylum fagara

Tabla 9 Procesamiento de extracción del material vegetal de la primera colecta (30 especies)

Especie vegetal (Nombre científico)	Masa (g)	Volumen agua (mL)	Temperatura (°C)	Tiempo de caída de la primera gota de AE (min)	Volumen extraído (mL)
<i>Zanthoxylum fagara</i>	300	3300	400	42	4.50 ± 0.046666667
<i>Piper amalago</i>	250	2750	450	34	1.50 ± 0.000000000
<i>Piper aduncum</i>	200	3300	400	35	1.04 ± 0.003200000
<i>Piper glabribaccum</i>	300	3300	400	30	1.00 ± 0.000000000
<i>Lippia alba</i>	300	3300	400	44	0.50 ± 0.006666667
<i>Esembeckia cornuta</i>	300	3300	400	54	0.40 ± 0.001666667
<i>Magnolia manguillo</i>	300	3300	400	46	0.40 ± 0.000600000
<i>Magnolia jaenensis</i>	250	2750	450	46	0.20 ± 0.000000000
<i>Tessaria integrifolia</i>	300	3300	400	40	0.10 ± 6.66667E-05
<i>Croton Thurifer</i>	300	3300	400	40	0.10 ± 6.66667E-05
<i>Croton adipatus</i>	300	3300	400	43	0.06 ± 6.66667E-05
<i>Aspidosperma poluneuron</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Luehea paniculata</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Cydistax antisiphilitica</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Zanthoxylum rigidum</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Celtis loxensis</i>	250	2750	450	-	0.00
<i>Jatrofa humboldtiana</i>	250	2750	450	-	0.00
<i>Dictyoloma peruviana</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Jacquinia mucronata</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Cascabela thevetia</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Adenaria floribunda</i>	300	3300	400	-	0.00

<i>Cordia lutea</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Croton xanthochylus</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Trema micrantha</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Muntingia calabura</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Cordia iguaguana</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Guazuma Ulmifolia</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Capparis scabrida</i>	300	3300	400	-	0.00
<i>Handroanthus ochraceus</i>	300	3300	400	-	0.00

Nota. \pm : desviación media estándar

Tabla 10 Procesamiento de extracción del material vegetal de la segunda colecta (09 especies)

Nombre científico	Masa (g)	Volumen agua (mL)	Temperatura (°C)	Tiempo de caída de la primera gota de AE (min)	Volumen extraído (mL)
<i>Zanthoxylum fagara</i>	300	3300	400	35	2.8 \pm 0.021666667
<i>Piper amalago</i>	300	3300	400	38	2.5 \pm 0.006666667
<i>Piper aduncum</i>	300	3300	400	35	2.0 \pm 0.013066667
<i>Piper glabribaccum</i>	250	2750	400	40	1.4 \pm 0.001666667
<i>Lippia alba</i>	300	3300	400	40	1.0 \pm 0.008266667
<i>Tessaria integrifolia</i>	300	3300	400	40	0.9 \pm 0.006666667
<i>Esembeckia cornuta</i>	300	3300	400	40	0.5 \pm 0.006666667
<i>Magnolia jaenensis</i>	300	3300	400	35	0.3 \pm 0.000266667
<i>Magnolia manguillo</i>	300	3300	400	40	0.2 \pm 6.66667E-05

Nota. \pm : desviación media estándar

De las treinta especies vegetales colectadas y procesadas en los meses de julio a septiembre de 2023 se obtuvieron AE de once de ellas (tabla 9), mostrando un rendimiento de extracción para *Esembeckia cornuta*, *Lippia alba*, *Magnolia jaenensis*, *Magnolia manguillo*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tessaria integrifolia*, *Zanthoxylum fagara*, *Croton adipatus* y *Croton Thurifer* de 0.13, 0.17, 0.04, 0.13, 0.52, 0.60, 0.33 %, 0.07, 1.50, 0.02 y 0.03 % respectivamente. Las nueve especies vegetales que mostraron un rendimiento de extracción mayor a 0.04 % (figura 7) se colectaron por segunda vez en los meses de febrero y marzo de 2024 y se evaluó el rendimiento de extracción (tabla 10), mostrando para *Esembeckia cornuta*, *Lippia alba*, *Magnolia jaenensis*, *Magnolia manguillo*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tessaria integrifolia* y *Zanthoxylum fagara* un rendimiento de extracción de 0.17, 0.33, 0.10, 0.07, 0.66, 0.83, 0.56, 0.30 y 0.90 % respectivamente.

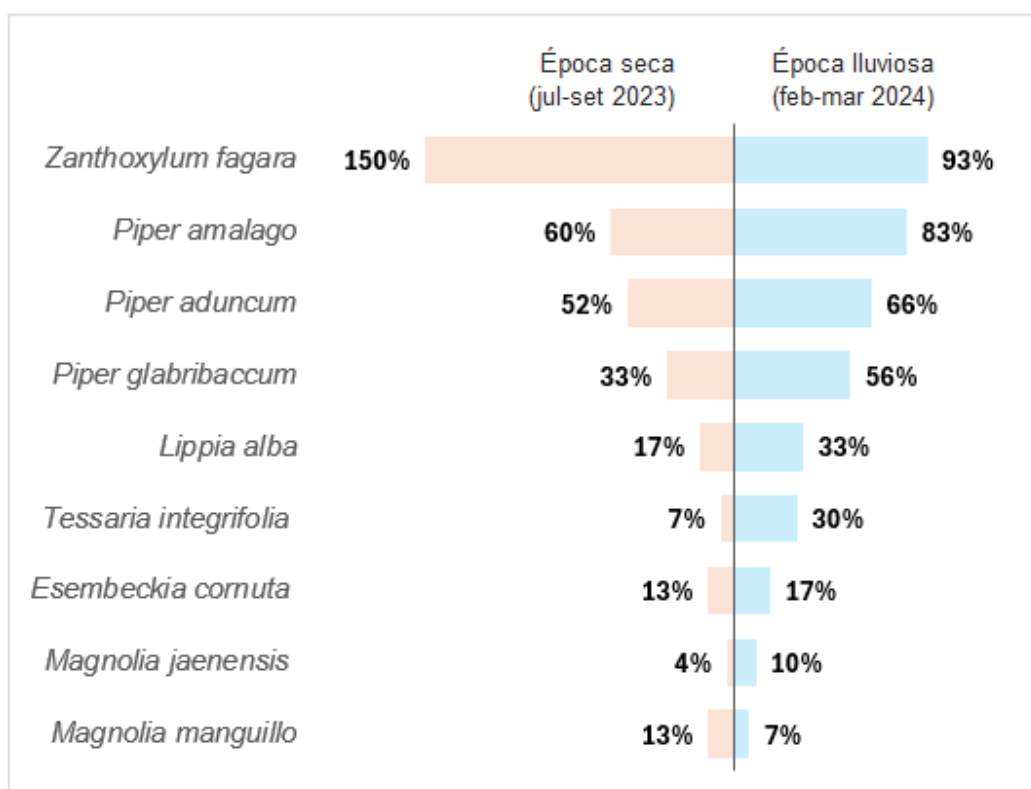
De esta manera no se confirma la hipótesis planteada en donde los AE de las treinta especies vegetales tenían un alto rendimiento de extracción, debido a que solo de once especies se obtuvo al menos un rendimiento mayor a 0.02% (anexo 03).

Diversas investigaciones muestran los rendimientos de extracción de AE extraídos de hojas frescas por hidrodestilación para las plantas estudiadas, es el caso de Setzer et al., (2005) que obtuvo un rendimiento de extracción de 0.02% para *Zanthoxylum fagara* proveniente de Costa Rica, exhibe un porcentaje menor al obtenido en la investigación de 1.5%; estudios en Brasil muestran con respecto al AE de *Piper amalago* un rendimiento de extracción de 0.75% (dos Santos et al., 2018), valor menor al mostrado en el presente trabajo de 0.83%, también a Bergo et al., (2017) que determinaron el rendimiento de extracción de *Piper aduncum* en el cual obtuvieron un porcentaje menor a 0.29%, que difiere de lo encontrado para la investigación en la cual representó 0.66% y para *Lippia alba* Aular et al., (2016) reportaron un rendimiento de extracción de 0.83 y Santos et al., (2016) 1.00%, asimismo Teles et al., (2012) mostraron tres rendimientos de extracción 0.82, 1.56 y 2.22% en diferentes zonas geográficas, resultados mayores a los obtenidos en la investigación que correspondió a 0.33%, no obstante, este rendimiento es mayor al encontrado por Glamočlija et al., (2011) que obtuvo 0.15%.

4.1 Evaluación del rendimiento de extracción de los AE por época de recolección

En la figura 8 se muestra la comparación de los rendimientos de extracción con respecto a la variación estacional de los AE seleccionados (vanexo 3), donde se evidencia que en la época lluviosa (colecta de los meses de febrero y marzo de 2024) se obtiene un rendimiento mayor para *Esembeckia cornuta*, *Lippia alba*, *Magnolia jaenensis*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum* y *Tessaria integrifolia* mientras que para *Magnolia manguillo* y *Zanthoxylum fagara* se observa un menor rendimiento.

Figura 8 Comparación estacional de rendimientos de extracción de los AE seleccionados



La evaluación de la variación estacional del rendimiento de los AE extraídos no mostraron diferencias significativas entre estaciones (anexo 3); solo dos especies fueron las que exhibieron rendimientos mayores en la época seca (figura 8) *Magnolia manguillo* de 0.13 a 0.07% y *Zanthoxylum fagara* de 1.50 a 0.93% respectivamente.

Con este resultado no se confirma la hipótesis planteada de que en la época seca el porcentaje de rendimiento de extracción es mayor en todas las especies.

Los resultados concuerdan con Ahrar, (2016) que en su estudio de variación estacional reporta una variación en los rendimientos del AE de *Mentha longifolia* L, de igual manera con G.r. y Tripathy, (2016) que reportaron que el contenido y la composición química de los AE obtenidos de distintas especies de *Ocimum* varían ampliamente según la ubicación geográfica, la época de cosecha y la fase de crecimiento, asimismo con la investigación de Perigo et al., (2016) en la cual reportaron que el contenido y composición de los aceites extraídos de once especies de Piper están influenciadas por la especie vegetal y las condiciones ambientales; no obstante los resultados de la investigación donde se evidencia que en la época de lluvias se obtiene una mayor producción y rendimiento de los AE para la mayoría de especies difieren de lo reportado por Liao et al., (2021) donde indican que los rendimientos de los AE extraídos de *Lavandín* en distintas estaciones exhiben comportamientos más bajos en invierno y los más altos en verano y con Pinheiro et al., (2016) que evaluaron el efecto de la estacionalidad sobre el rendimiento y la

composición química del AE de *Hesperozygis ringens* (Benth.) Epling, donde los rendimientos más elevados se alcanzaron en otoño, primavera y verano, mientras que los más bajos se mostraron en invierno. Por otro lado, la obtención de metabolitos secundarios y la composición de mezclas complejas como el AE también se ven influenciadas por factores ambientales, como la contaminación, el clima y las enfermedades (Figueiredo et al., 2008). El comportamiento exhibido se debe a las distintas condiciones edafoclimáticas de sus hábitats (bosque seco y húmedo), el proceso de biosíntesis de los AE en el metabolismo de las plantas se ven influenciados por el clima, las precipitaciones, el suelo, la altitud, la exposición a la luz solar y la fase de desarrollo de la planta (Blank et al., 2005; Gobbo-Neto y Lopes, 2007; Lakušić et al., 2011; Mossi et al., 2012), determinando el almacenamiento en diferentes concentraciones de los aceites en los tricomas glandulares (Venskutonis, 1997),

4.2 Evaluación de la actividad antibacteriana *in vitro* de los AE

En la tabla 11 y las figuras 9, 10 y 11, se muestran los resultados del método de difusión en disco (ver anexo 2) donde se exhibe los promedios de los halos de inhibición para cada microorganismo correspondiente al tratamiento con los AE y el antibiótico control (estreptomicina) y el porcentaje de inhibición relativa. El porcentaje de inhibición relativo se obtiene aplicando la siguiente expresión (M. J. Martínez et al., 1996):

$$\% \text{ de efecto inhibitorio} = \left(\frac{\text{Media del diámetro del halo de inhibición}}{\text{Diámetro del halo de inhibición del control positivo}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Figura 9 Ensayo de zona de inhibición que muestra la actividad antibacteriana de los AE frente a *E. coli* (01 sensidisco con antibiótico y 03 con AE)

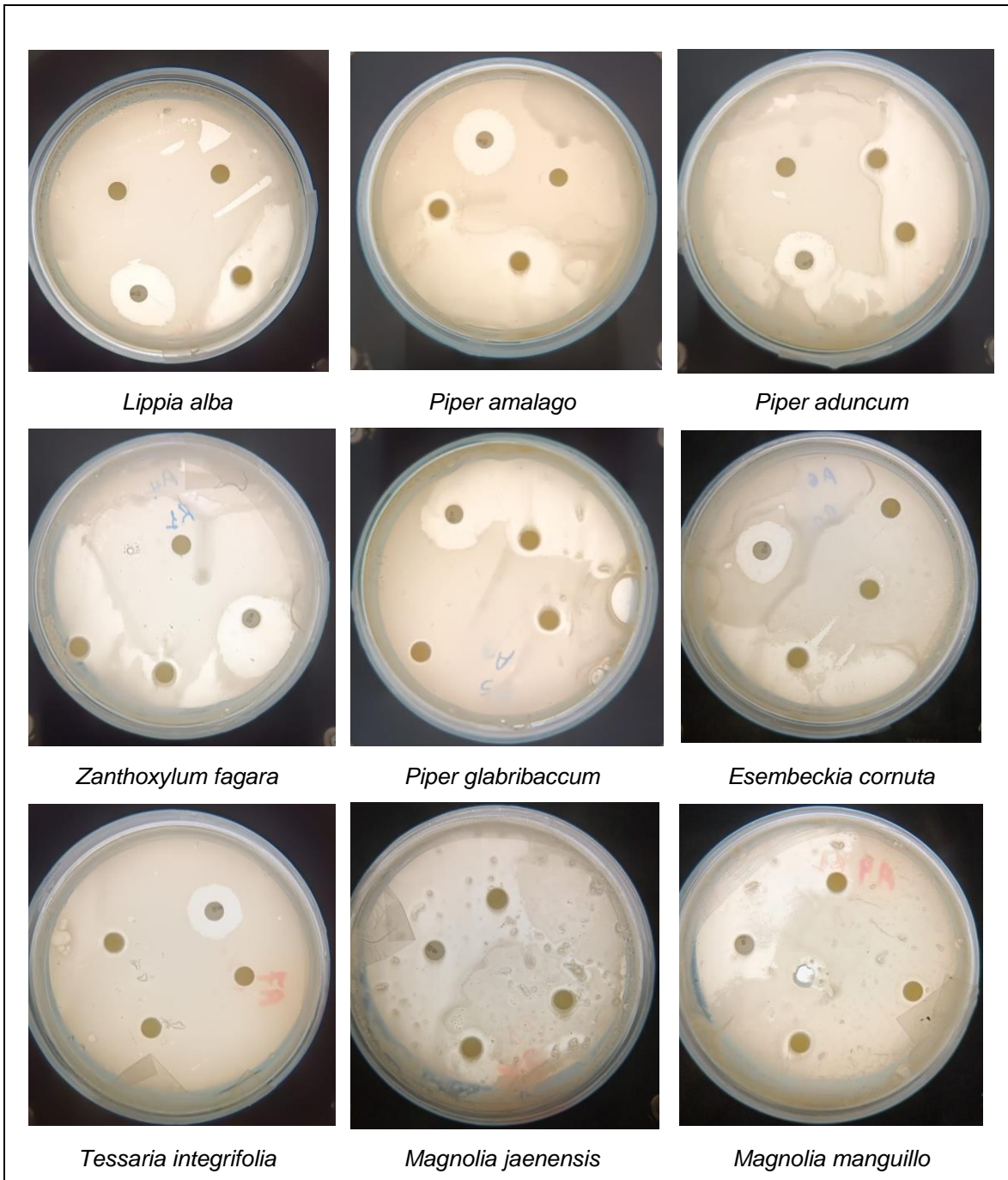


Figura 10 Ensayo de zona de inhibición que muestra la actividad antibacteriana de los AE frente a *Salmonella enteritidis* (01 sensidisco con antibiótico y 03 con AE)

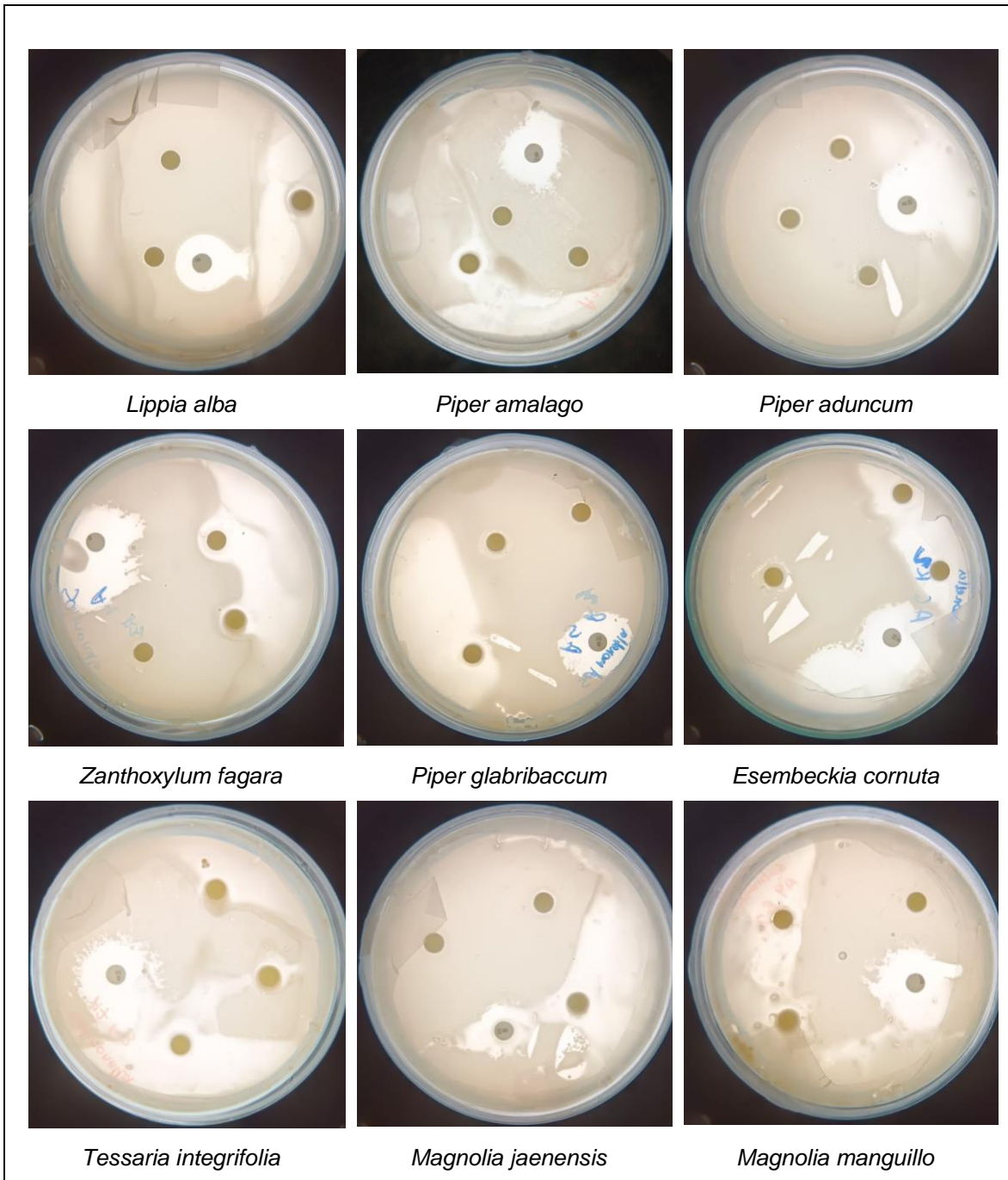


Figura 11 Ensayo de zona de inhibición que muestra la actividad antibacteriana de los AE frente a *S. aureus* (01 sensidisco con antibiótico y 03 con AE)

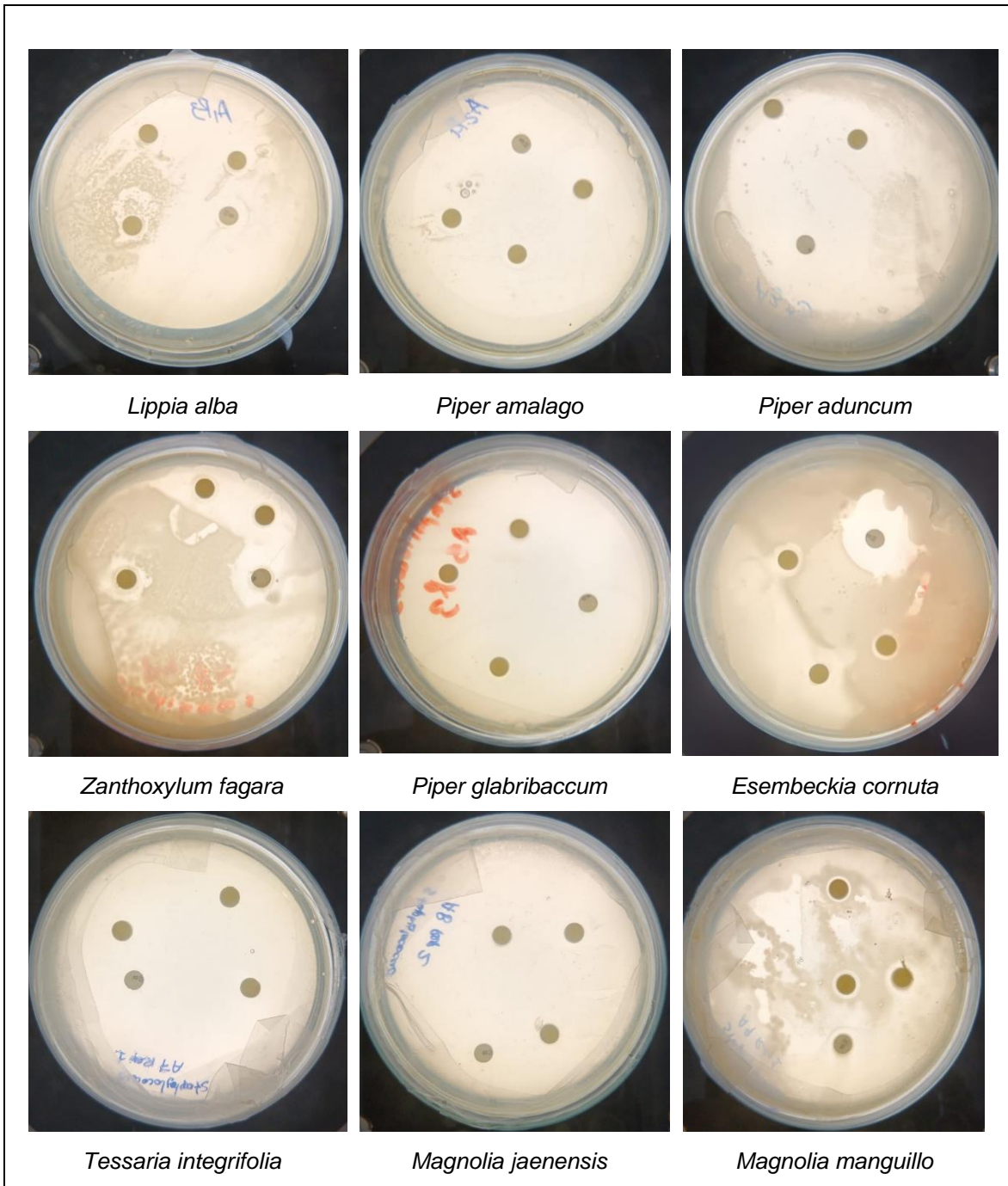


Tabla 11 Actividad antimicrobiana in vitro por el método de difusión en disco de los AE de *Esembeckia cornuta*, *Lippia alba*, *Magnolia jaenensis*, *Magnolia manguillo*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tessaria integrifolia* y *Zanthoxylum fagara*

Especie vegetal (Nombre Científico)	Microorganismo											
	<i>E. coli</i>				<i>Salmonella enteritidis</i>				<i>S. aureus</i>			
	Zona de inhibición (mm) del Antibiótico control (Estreptomina)	Zona de inhibición (mm) del AE	Porcentaje de inhibición relativo (%)	Actividad	Zona de inhibición (mm) del Antibiótico control (Estreptomina)	Zona de inhibición (mm) del AE	Porcentaje de inhibición relativo (%)	Actividad	Zona de inhibición (mm) del Antibiótico control (Estreptomina)	Zona de inhibición (mm) del AE	Porcentaje de inhibición relativo (%)	Actividad
<i>Esembeckia cornuta</i>	19.43 ± 4.93	6.48 ± 0.47	33.51	Baja	24.00 ± 8.19	10.92 ± 4.98	45.51	Baja	19.33 ± 2.89	6.33 ± 0.58	32.76	Baja
<i>Lippia alba</i>	17.67 ± 3.79	7.02 ± 0.56	39.75	Baja	22.00 ± 8.89	6.69 ± 0.92	30.40	Baja	32.33 ± 4.62	15.67 ± 9.35	48.45	Baja
<i>Magnolia jaenensis</i>	17.00 ± 2.65	7.11 ± 1.06	41.83	Baja	16.67 ± 0.58	6.56 ± 0.96	39.33	Baja	35.00 ± 0.00	35.00 ± 0.00	100	Alta
<i>Magnolia manguillo</i>	14.67 ± 1.53	6.24 ± 0.37	42.58	Baja	15.00 ± 6.08	7.33 ± 2.03	48.89	Baja	10.67 ± 1.15	6.49 ± 0.73	60.83	Intermedia
<i>Piper aduncum</i>	22.00 ± 4.36	6.11 ± 0.19	27.78	Baja	18.67 ± 2.52	6.33 ± 0.58	33.93	Baja	23.00 ± 7.55	6.00 ± 0.00	26.09	Baja
<i>Piper amalago</i>	20.00 ± 3.61	7.04 ± 3.02	35.22	Baja	20.33 ± 0.58	6.60 ± 0.93	32.46	Baja	33.33 ± 2.89	33.56 ± 2.50	100.67	Alta
<i>Piper glabribaccum</i>	19.67 ± 9.61	6.06 ± 0.10	30.79	Baja	20.00 ± 3.46	6.92 ± 1.51	34.61	Baja	16.00 ± 16.5	15.89 ± 16.6	99.31	Alta
<i>Tessaria integrifolia</i>	14.00 ± 1.00	6.40 ± 0.32	45.71	Baja	17.00 ± 5.57	7.47 ± 1.62	43.92	Baja	35.00 ± 0.00	35.00 ± 0.00	100	Alta
<i>Zanthoxylum fagara</i>	20.00 ± 4.58	6.46 ± 0.34	32.28	Baja	20.33 ± 9.07	6.89 ± 1.54	33.88	Baja	16.00 ± 0.00	10.04 ± 3.98	62.78	Intermedia

Nota. ±: desviación media estándar

Los resultados mostraron diferentes diámetros de inhibición para los AE y el antibiótico control, asimismo distintos porcentajes de inhibición relativa. Los AE de *Magnolia jaenensis*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum* y *Tessaria integrifolia* exhibieron una actividad antibacteriana alta frente a la bacteria gram positiva *S. aureus* y, al igual que todos los aceites, una actividad baja frente a las bacterias gram negativas *E. coli*, *Samonella Enteritidis*.

De esta manera no se confirma la hipótesis planteada de que todos los AE exhibían una actividad alta frente a la bacteria gram positiva e intermedia frente a las bacterias gram negativas.

Con respecto a la actividad antibacteriana, esta considera un nivel alto cuando su porcentaje de inhibición relativo es >70%, intermedio entre el 50-70% y bajo cuando es <50% (Ramirez y Diaz, 2007). Los resultados exhibidos en la investigación muestran un efecto inhibitor bajo para los nueve AE frente a *E. coli* y *Salmanolla enteretidís*, pero una actividad diferenciada contra *S. aureus*, donde los AE de *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tessaria integrifolia* y *Magnolia jaenensis* exhiben un alto efecto inhibitor, no obstante *Zanthoxylum fagara* y *Magnolia manguillo* una actividad intermedia y *Lippia alba*, *Piper aduncum* y *Esembeckia cornuta* un efecto inhibitor bajo. Las propiedades de los compuestos volátiles de los AE como hidrofobicidad y reactividad, provocan el rompimiento de la estructuras de los lípidos de las membranas biológicas, que altera y perjudica las funciones celulares, haciendo posible una potencial aplicación tecnológica como agentes antibacterianos (Solorzano-Santos y Miranda-Navales, 2012). El estudio muestra semejanzas con lo reportado por Perigo et al., (2016), donde los AE de la mayoría de once especies de Piper investigadas, mostraron actividad inhibitoria frente a bacterias patógenas *in vitro*, el limoneno y el cis- β -ocimeno se asociaron con la inhibición de *S. aureus*, con lo cual demostraron la diversidad química de los AE de Piper y su potencial como nuevos agentes antibacterianos en diversas aplicaciones industriales. No obstante la investigación muestra diferencias con los resultados reportado por Braga Carneiro et al., (2023) donde el AE de *Piper aduncum* presenta actividad antibacteriana por la presencia del compuesto principal dillapiole, debido a que en el estudio no se observa una actividad antibacteriana relevante del AE de esta especie. Para el AE de *Piper amalago*, Yasunaka et al., (2005) revelaron que el extracto metanólico de esta especie presentó una débil actividad frente a *E. coli* y *S. aureus*; Araujo Baptista et al., (2019) mostraron que el AE exhibió un efecto moderado contra *S. aureus* y Setzer et al., (2008) reportaron una actividad débil contra *E. coli* y *S. aureus*, resultados que difieren de lo exhibido en la investigación donde el AE de la especie mostró una actividad bactericida alta frente a *S. aureus*. En el caso del AE de *Zanthoxylum fagara*, Setzer et al., (2005b) reportaron una actividad antimicrobiana frente a *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Aspergillus*

niger, en la cual no detallan el grado del efecto inhibitor, estudio que presenta similitud con lo exhibido en la investigación donde se observó una actividad antibacteriana intermedia frente a *S. aureus*; *el estudio se asemeja* en comparación con otras especies con respecto a la actividad antibacteriana frente a *S. aureus* como en el caso del AE de (*Origanum-vulgare*) orégano que presentó una alta actividad (Carhuallanqui Pérez et al., 2020), también, Requelme Bautista, (2019) reportó un efecto *intermedio para* el extracto etanólico de hojas de (*Lantana camara*) hierba de la maestranza, asimismo Pumaylle et al., (2012) reportaron que el AE de (*Senecio graveolens Wedd*) Wiskataya presentó una moderada actividad, no obstante Bussmann, Glenn, et al., (2011) reportaron que de 525 extractos de plantas peruanas, 193 extractos etanólicos y 31 extractos acuosos mostraron una actividad alta, así también Rojas et al., (2003) reportaron que de los 36 extractos y 24 plantas estudiadas, 25 de ellas exhibieron actividad intermedia.

4.3 Determinación de la capacidad antioxidante y contenido total de compuestos fenólicos de los AE

La tabla 12 muestra los resultados de la capacidad antioxidante por los ensayos DPPH, FRAP y ABTS, además el contenido total de compuestos fenólicos para los AE de *Esembeckia cornuta*, *Lippia alba*, *Magnolia jaenensis*, *Magnolia manguillo*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tessaria integrifolia* y *Zanthoxylum fagara* respectivamente, donde se exhibe un comportamiento variable de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos para cada AE, destacando *Tessaria integrifolia*, *Piper aduncum*, *Magnolia manguillo*, *Magnolia jaenensis* y *Piper glabribaccum* con las mejores capacidades y mayores contenidos fenólicos en orden jerárquico descendente respectivamente.

Asimismo, como resultado del análisis de varianza y posterior test de Tukey se tienen asignadas las letras que indican diferencias (ver anexo 13).

De esta manera se confirma la hipótesis planteada de que el AE de *Piper aduncum* presenta, significativamente, mayor actividad antioxidante en los tres ensayos realizados frente a todas las especies evaluadas, con respecto a la hipótesis de que *Piper aduncum* tiene mayor presencia de compuestos fenólicos no se pudo demostrar lo afirmado, debido a que según los resultados el AE de *Tesaria integrifolia* fue la que obtuvo significativamente mayor presencia de compuestos fenólicos.

La capacidad antioxidante de un AE refiere la habilidad para neutralizar o reducir el daño causado por los radicales libres en el organismo, Los cuales son moléculas inestables que pueden deteriorar las células, favorecer al envejecimiento y las enfermedades crónicas (Firuzi et al., 2011; Hamid et al., 2010). Dentro de los compuestos de los AE considerados como antioxidantes se tiene a los fenoles, flavonoides y terpenos (Amorati et al., 2013b).

Tabla 12 Capacidad antioxidante de los AE de *Esebeckia cornuta*, *Lippia alba*, *Magnolia jaenensis*, *Magnolia manguillo*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tessaria integrifolia* y *Zanthoxylum fagara* por los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y contenido total de compuestos fenólicos

Especie vegetal (Nombre Científico)	Capacidad antioxidante			Compuestos fenólicos
	Ensayo DPPH ($\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra)	FRAP ($\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra)	ABTS ($\mu\text{mol Trolox/g}$ muestra)	Método Folin-Ciocalteu (mg GAE/g muestra)
<i>Esebeckia cornuta</i>	7.72 ^e ± 0.08	39.39 ^f ± 2.03	9.91 ^e ± 0.19	67.74 ^g ± 1.08
<i>Lippia alba</i>	12.24 ^b ± 0.18	57.64 ^e ± 2.29	14.41 ^d ± 0.13	72.69 ^f ± 1.89
<i>Magnolia jaenensis</i>	8.61 ^d ± 0.21	73.69 ^c ± 2.80	16.43 ^b ± 0.13	96.09 ^d ± 1.65
<i>Magnolia manguillo</i>	7.88 ^e ± 0.14	71.19 ^c ± 1.97	8.44 ^f ± 0.10	113.65 ^c ± 0.13
<i>Piper aduncum</i>	19.28 ^a ± 0.09	111.79 ^a ± 0.78	19.02 ^a ± 0.09	132.64 ^b ± 0.23
<i>Piper amalago</i>	7.61 ^e ± 0.08	22.59 ^h ± 1.55	8.86 ^f ± 0.16	50.11 ^h ± 0.77
<i>Piper glabribaccum</i>	7.20 ^f ± 0.07	64.99 ^d ± 0.81	7.86 ^g ± 0.10	86.81 ^e ± 1.68
<i>Tessaria integrifolia</i>	11.12 ^c ± 0.10	104.64 ^b ± 1.29	15.20 ^c ± 0.10	159.34 ^a ± 0.19
<i>Zanthoxylum fagara</i>	7.16 ^e ± 0.09	32.86 ^g ± 1.15	7.86 ^g ± 0.41	52.49 ^h ± 0.06

Nota. \pm : desviación media estándar. Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos

El estudio exhibe diferencias significativas entre los resultados de los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y Folin-Ciocalteu (compuestos fenólicos) para cada AE, mostrando una dependencia en cuanto a la composición química, calidad y pureza de cada aceite (Lemos et al., 2017). Dentro de los parámetros generales para clasificar cada ensayo evaluado, se consideran capacidades altas, moderadas y/o bajas cuando los valores son, en el caso del DPPH >200, 100-200 y <100 $\mu\text{mol TE/g}$ (Ahmed et al., 2019), para el ensayo FRAP >500, 200-500 y <200 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ (Viuda-Martos et al., 2010; Hashemi et al., 2017; Szöllösi y Varga, 2002), para ABTS >400, 200-400 y <200 $\mu\text{mol TE/g}$ (Barbieri et al., 2016; Miguel, 2010) y para el ensayo Folin-Ciocalteu >20, 10-20 y <10 mg GAE/g (Proestos et al., 2013) respectivamente, los AE de las especies *Tessaria integrifolia*, *Piper aduncum*, *Magnolia Manguillo*, *Magnolia Jaenensis* y *Piper glabribaccum* mostraron los valores más altos para todos los ensayos en promedio de manera descendente. Los resultados de la investigación exhiben contenidos de compuestos fenólicos totales entre 50.1 y 159.0 mg GAE/g, mostrando mayores valores que los obtenidos por Proestos et al., (2013) para distintos aceites que oscilan entre 1.0 y 18 mg GAE/g, así como mayores contenidos que los reportados para treinta y nueve de cuarenta y dos AE por Lin et al., (2020) que variaron entre 4.05 y 57.69 ($\mu\text{g GAE}/5 \text{ mg}$), así también mejores resultados en el ensayo ABTS que los obtenidos por Guerrini et al., (2009) para *Piper aduncum*. No obstante los resultados

mostrados para el contenido de compuestos fenólicos de los AE del estudio son mayores a los reportados por Mendez et al., (2017) para el AE de (*B. graveolens*) Palo santo que estimaron en 5.71 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de AE, mostrando una débil actividad antioxidante, asimismo los resultados de la investigación se asemejan a lo reportado por Castro-Alayo, et al., (2019) para los AE de (*Tagetes minuta*) huacatay y (*Minthostachys mollis*) muña, los cuales mostraron una moderada actividad.

4.4 Selección de AE con mejor desempeño en relación a su actividad antibacteriana y capacidad antioxidante

Agrupamiento y selección de AE con mejor desempeño en relación a su actividad antibacteriana y capacidad antioxidante.

Considerando que la actividad antibacteriana de los AE se evaluó en tres microorganismos, se hizo un análisis de componentes principales a los porcentajes de inhibición relativos (PIR) para obtener un indicador (primera componente) que explique, en conjunto, la actividad antimicrobiana de los AE. De la misma manera, para explicar con un indicador la actividad antioxidante y contenido de fenoles, se realizó el análisis de componentes principales a los resultados de los tres métodos (DPPH, FRAP y ABTS) y del contenido total de compuestos fenólicos en los AE. En la misma línea de análisis, los porcentajes de rendimiento de extracción en las dos etapas de recolección, también se sometieron a un ACP. Los tres indicadores obtenidos se resumen en la tabla 13. Los resultados detallados del ACP se tienen en los anexos 8, 9 y 10.

Tabla 13 Indicadores obtenidos mediante el análisis de componentes principales (ACP) para rendimiento de extracción, actividad antioxidante y actividad antimicrobiana de los AE de las nueve especies vegetales.

Especie vegetal (Nombre Científico)	Rendimiento de extracción <i>Var acum: 94%</i>	Actividad antioxidante <i>Var acum: 97%</i>	Actividad antimicrobiana <i>Var acum: 93%</i>
<i>Esembeckia cornuta</i>	20.16	78.15	35.23
<i>Lippia alba</i>	32.23	33.97	51.50
<i>Magnolia jaenensis</i>	8.80	22.09	102.98
<i>Magnolia manguillo</i>	14.72	33.57	63.96
<i>Piper aduncum</i>	79.55	75.04	28.17
<i>Piper amalago</i>	95.52	33.88	103.12
<i>Piper glabribaccum</i>	58.17	08.85	101.37
<i>Tessaria integrifolia</i>	22.20	90.52	103.28
<i>Zanthoxylum fagara</i>	176.45	2.10	65.11

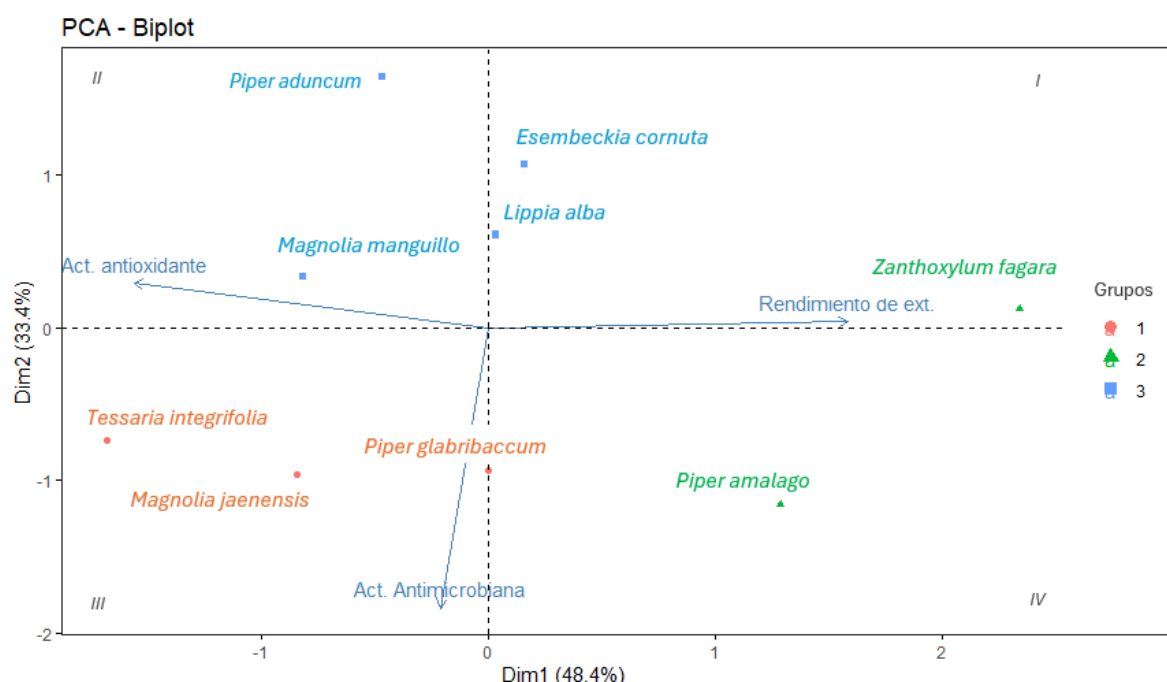
Nota. Var acum: Porcentaje de varianza que está explicando la primera componente del ACP, mientras más cercano al 100% la componente explica mejor el comportamiento de los datos originales.

Con los indicadores de la tabla 13, se realizó un análisis de conglomerados mediante el método de clusterización no jerárquico k-means y un análisis de componentes principales para identificar qué variables están explicando la formación de cada conglomerado (ver anexos 11 y 12).

Los resultados se tienen en la figura 12, en el que el biplot está explicando el 82% (suma de las dos dimensiones) de la variabilidad de los datos y se han formado tres grupos de AE (clusters). Para entender cada dimensión se observa la dirección de las flechas (variables), en ese sentido, se puede ver que en el extremo derecho de la dimensión 1 (eje horizontal) se encuentran las especies con mayor rendimiento de extracción y menor actividad antioxidante; mientras que en el extremo izquierdo se tendrán las especies con menor rendimiento y mayor actividad antioxidante. Respecto a la dimensión 2 (eje vertical), en el extremo superior se encuentran las especies con menor actividad antimicrobiana y en el extremo inferior las especies con mayor actividad antimicrobiana.

De lo anterior, se tiene que, el grupo 1, conformado por *Tessaria integrifolia*, *Magnolia jaenensis* y *Piper glabribaccum* esta siendo representado por los AE con mayor actividad antioxidante y a la vez con mayor actividad antimicrobiana; en el grupo 2 están las especies cuyo AE tiene mayor rendimiento de extracción (*Piper amalago* y *Zanthoxylum fagara*) y en el grupo 3 se encuentran las especies con menor actividad antimicrobiana como *Piper aduncum*, *Esembeckia cornuta*, *Lippia alba* y *Magnolia manguillo*.

Figura 12 Agrupamiento de AE mediante análisis cluster k-means y explicación de cada cluster mediante analisis de componentes principales (PCA)



De esta manera mediante el análisis multivariante podemos confirmar la hipótesis planteada de que existe un grupo de especies cuyos AE tienen un mejor desempeño respecto a las otras especies evaluadas, considerando su actividad biológica *in vitro* (actividad antibacteriana y capacidad antioxidante).

4.5 Caracterización de la composición química de los AE

Las figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 muestran los cromatogramas de gases de los AE de *Esembeckia cornuta*, *Magnolia jaenensis*, *Magnolia manguillo*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tessaria integrifolia* y *Zanthoxylum fagara* respectivamente, donde relacionan la abundancia relativa de los compuestos en relación al tiempo de retención, mostrando los picos cromatográficos de cada componente detectado.

Esembeckia cornuta

En la tabla 14 se muestra los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 50 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; los compuestos mayoritarios fueron cariofileno (16.79 %), δ -amorfeno (14.58 %), (-)-cis- β -Elemeno (6.58 %), peruviol (6.23 %), (1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol (6.13 %), humulano-1,6-dien-3-ol (5.50 %), copaeno (3.94 %) y fitol (3.54 %).

Figura 13 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de *Esembeckia cornuta*

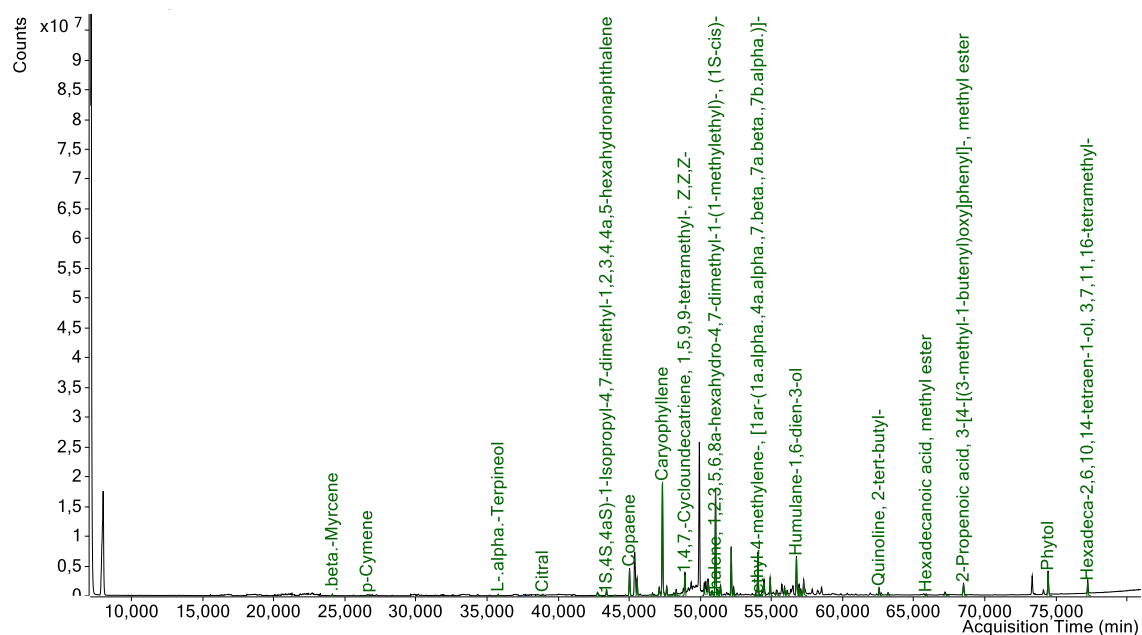


Tabla 14 Composición química del AE de *Esembeckia cornuta*

t_R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
21.05	β-Tujeno	0.06	934	966
24.13	Mirceno	0.19	990	991
25.61	α-Fellandreno	0.07	1018	1005
26.56	p-Cimeno	0.06	1035	
27.23	Eucaliptol	0.11	1047	1032
30.16	Linalol	0.14	1101	1099
35.79	L.-α.-Terpineol	0.17	1210	
37.56	Neral	0.07	1246	
38.92	Citral	0.12	1273	1276
42.77	.γ.-Elemeno	0.57	1354	1434
43.41	Cadina-3,5-dieno	0.81	1367	1458
45.02	Copaeno	3.94	1402	1376
45.38	(-)-cis-β-Elemeno	6.58	1410	1391
45.56	β-borboneno	2.36	1414	1384
46.64	(-)-α-gurjuneno	0.29	1439	
47.10	.β.-Copaeno	1.18	1450	1421
47.34	Cariofileno	16.79	1455	1419
47.63	cis-.β.-Copaeno	1.21	1462	1432
48.14	γ-Gurjunene	0.33	1473	1473
48.30	.γ.-Muuroleno	0.73	1477	1477
48.92	1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicoundecatrieno	2.95	1491	1579
50.28	.α.-amorfeno	1.08	1523	1538
50.54	(-)-7-Epi-α-selineno	2.43	1529	
50.82	Oxo-Tremorine	0.64	1536	
51.07	δ-amorfeno	14.58	1542	1524
51.23	(3S,3aR,3bR,4S,7R,7aR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-ol	0.66	1546	1515
51.36	trans-Calameneno	0.31	1549	1529
51.42	Ligulóxido	1.16	1551	
52.17	Peruviol	6.23	1569	1564
52.31	β-Calacoreno	0.45	1572	1563
52.34	Hedicariol	0.96	1573	
54.05	(1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol	6.13	1615	1576
54.47	Óxido de cariofileno	2.40	1625	1581
54.91	Apiol	2.19	1637	1682
55.35	1H-Cicloprop[e]azulen-4-ol, decahidro-1,1,4,7-tetrametil-, [1aR-(1a α,4β,4aβ,7α,7aβ,7bα)]-	0.72	1648	
55.92	.τ.-Cadinol	1.06	1662	1640
56.10	(.+/-)-Cadineno	0.69	1667	1440
56.76	Humulano-1,6-dien-3-ol	5.50	1683	1619
56.94	.α.-Cadinol	1.13	1688	1653
57.06	5-Azulenemetanol, 1,2,3,4,5α,6,7,8-octahidro-α, α,3β,8β-tetrametil-, acetato	0.67	1691	1727
57.26	α-epi-7-epi-5-Eudesmol	2.03	1696	1598
57.87	1,4-Diisopropilbenceno	0.73	1712	1168

62.57	2-terc-butilquinolina	1.01	1839	1552
63.19	Deshidrofukinona	0.35	1856	1817
65.71	Homosalato	0.19	1923	1904
65.86	Palmitato de metilo	0.13	1927	1926
67.20	Ácido palmítico	0.56	1963	1968
68.49	Ácido 2-propenoico, 3-[4-[(3-metil-1-butenil)oxi]fenil]-,éster metílico	1.95	1998	1798
74.44	Fitol	3.54	2158	2114
77.22	Hexadeca-2,6,10,14-tetraen-1-ol, 3,7,11,16-tetrametil-	1.80	2233	
Total		100.00		

Nota. t_R (min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST library 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcános. IR ref: índice de retención de la literatura.

Magnolia Jaenensis

En la tabla 15 se muestran los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 42 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; los compuestos mayoritarios fueron (-)-cis- β -Elemeno (23.59 %), 2-Metil-1-penteno (16.70 %), cariofileno (15.26 %), apiol (14.08 %) y δ -amorfeno (10.15 %).

Figura 14 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de *Magnolia Jaenensis*

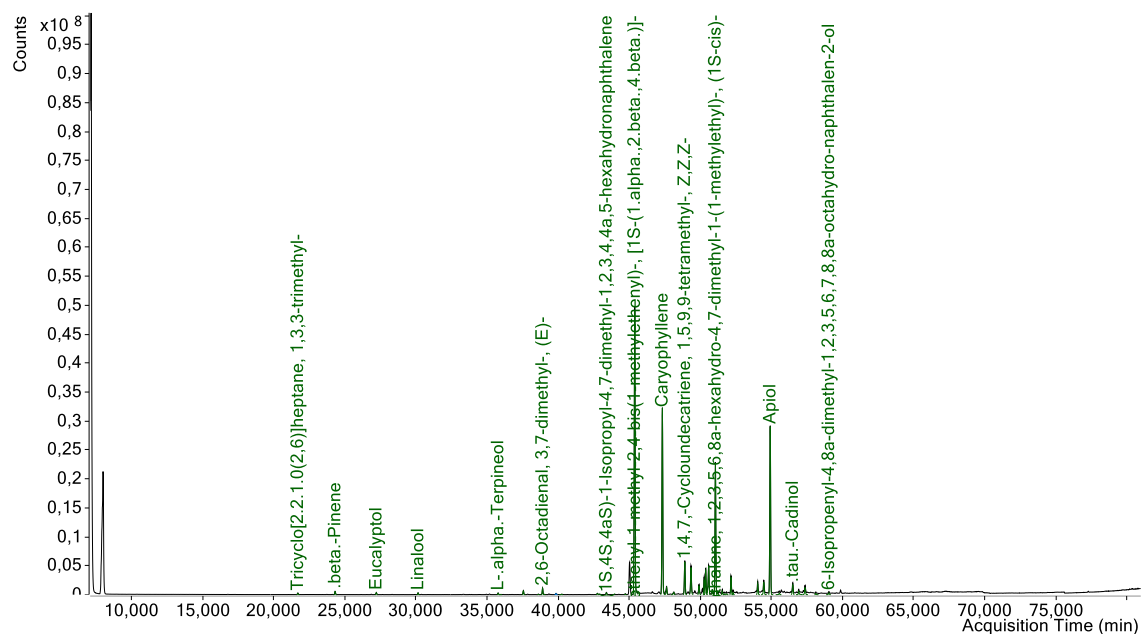


Tabla 15 Composición química del AE de *Magnolia Jaenensis*

t_R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
8.01	2-Metil-1-penteno	16.70	680	580
21.70	Ciclofencheno	0.11	946	
24.33	β.-Pineno	0.25	994	
27.22	Eucaliptol	0.14	1048	1032
30.16	Linalool	0.12	1102	1099
35.79	L.-α.-Terpineol	0.11	1210	1190
37.56	Neral	0.28	1246	1240
38.62	trans-2-Decenal	0.02	1267	1263
38.91	Citral	0.46	1273	1270
39.85	Timol	0.08	1292	1291
40.27	Acetato de isobornilo	0.03	1301	
42.77	(+)-γ-elemeno	0.11	1354	1434
43.40	Cadina-3,5-dieno	0.16	1368	1458
44.73	cis-β.-Copaeno	0.05	1396	1421
45.40	(-)-cis-β-Elemeno	23.59	1411	1391
47.34	Cariofileno	15.26	1455	1419
47.63	Biciclosesquifelandreno	0.58	1462	1489
48.14	Oxo-Tremorine	0.21	1474	1492
48.91	1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicoundecatrieno	2.64	1491	1579
49.35	.γ.-Muuroleño	2.24	1501	1477
49.92	.β.-Copaeno	0.74	1515	1432
50.28	.α.-Muuroleño	1.09	1524	1499
50.38	β-selineno	1.88	1526	1486
50.59	.γ.-Selineno	2.43	1531	1479
50.86	Miristicina	0.29	1538	1519
51.07	δ-amorfeno	10.15	1543	1524
51.22	(3S,3aR,3bR,4S,7R,7aR)-4-Isopropyl-3,7-dimethyloctahydro-1H-cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzen-3-ol	0.19	1546	1515
51.55	trans-α-bisabolene	0.24	1554	1512
51.69	(-)-7-Epi-α-selineno	0.06	1558	1517
51.84	Cubeneno	0.07	1561	1532
52.16	trans-nerolidol	1.21	1569	1564
52.31	β-calacoreno	0.17	1573	1563
54.04	(1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol	0.82	1615	1576
54.47	Óxido de cariofileno	1.07	1626	1581
54.92	Apiol	14.08	1637	1682
55.56	Epóxido de humuleno II	0.13	1654	1606
55.71	Selin-6-en-4.α.-ol	0.27	1657	1636
56.51	.τ.-Cadinol	0.85	1678	1640
56.93	.α.-Cadinol	0.29	1688	
57.37	Neointermedeol	0.61	1699	1660
58.13	Pentadecanal	0.08	1720	1715
59.05	6-isopropenil-4,8a-dimetil-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-naftalen-2-ol	0.14	1745	1690

Total	100.00
-------	--------

Nota. t_R (min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST library 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcenos. IR ref: índice de retención de la literatura.

Magnolia Manguillo

En la tabla 16 se muestran los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 56 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; los compuestos mayoritarios fueron (1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol (15.00 %), cariofileno (11.59 %), cis- β -Copaeno (8.59 %), trans-nerolidol (6.46 %), copaeno (5.89 %), α -cadinol (4.94 %), 1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicloundecatrieno (4.81 %), δ -amorfenol (4.44 %) e isospatulenol (3.89 %).

Figura 15 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de *Magnolia Manguillo*

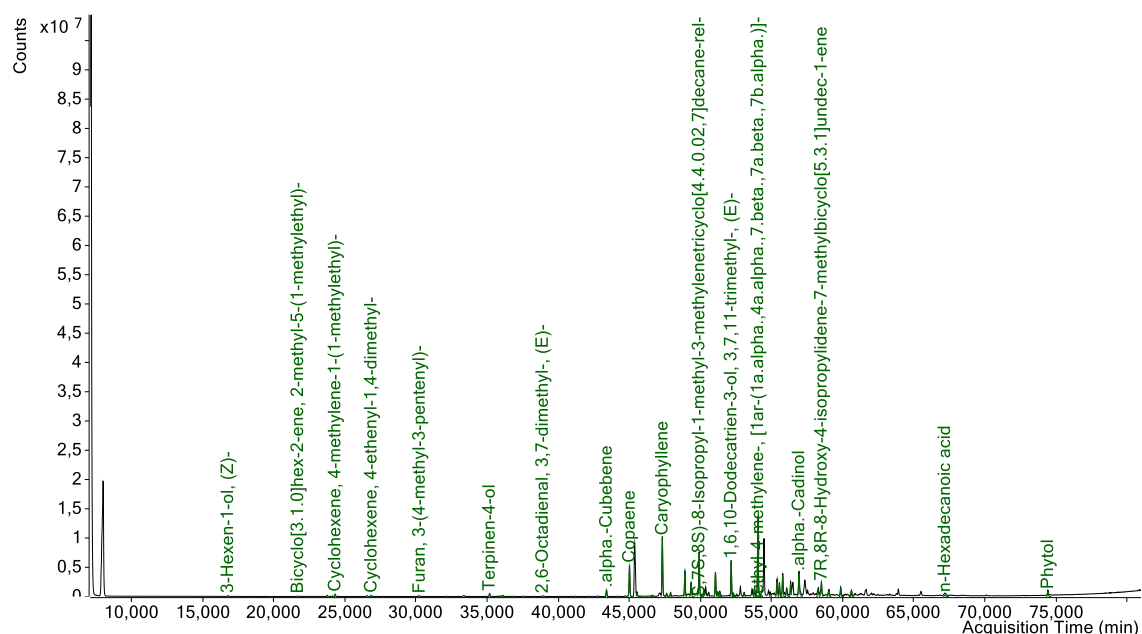


Tabla 16 Composición química del AE de *Magnolia manguillo*

t_R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
16.78	cis-3-hexen-1-ol	0.12	853	857
21.70	α -tujene	0.06	946	929
23.77	β -tujeno	0.19	984	
24.12	Mirceno	0.05	991	991
24.33	β -terpineno	0.41	994	1028

26.56	p-cimeno	0.16	1035	
26.87	1,4-dimetil-4-vinilciclohexeno	0.15	1041	
26.87	D-limoneno	0.25	1041	1018
30.16	Linalool	0.13	1102	
30.26	Perileno	0.07	1104	1101
33.37	Biciclo[3.1.0]hexan-3-ol, 4-metilen-1-(1-metiletil)-, [1S-(1 α ,3 α ,5 α)]-(9Cl)	0.23	1163	1143
35.18	4-Terpineol, (+/-)-	0.54	1198	1177
35.79	. α -Terpineol	0.07	1210	1189
35.98	mirtenol, (-)-	0.11	1214	1213
36.15	Mirtenal	0.19	1217	1193
37.56	Neral	0.05	1246	1240
38.92	Citral	0.09	1273	1270
43.40	α -cubebeno	1.21	1368	1351
45.02	Copaeno	5.89	1403	1376
45.55	β -borboneno	0.73	1415	1384
46.63	(-)- α -gurjuneno	0.15	1439	
46.64	Cedrene-V6	0.21	1439	1440
47.33	Cariofileno	11.59	1455	1419
47.63	cis-Muuroala-4(15),5-dieno	0.51	1462	
47.91	(-)-Guaia-6,9-dieno	0.63	1468	
48.91	1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicoundecatrieno	4.81	1491	1579
49.35	. γ -Muuroleno	2.31	1501	1477
49.92	cis- β -Copaeno	8.59	1515	1432
50.27	. α -Muuroleno	0.80	1523	1499
50.59	2-isopropenil-4a,8-dimetil-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahidronaftaleno	0.69	1531	1492
51.06	δ -amorfenol	4.44	1543	1524
51.22	(3S,3aR,3bR,4S,7R,7aR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-ol	0.72	1546	1515
51.36	Calameneno	0.89	1550	1523
52.17	trans-nerolidol	6.46	1569	1564
52.31	β -calacoreno	0.38	1573	1563
52.55	Selina-3,7(11)-diene	0.31	1578	1542
53.08	Óxido de cariofileno	0.65	1591	1581
53.81	1,5-epoxi-4(14)-salvialeno	1.34	1609	1573
54.05	(1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol	15.00	1615	1576
54.80	Salvial-4(14)-en-1-uno	0.85	1634	1595
54.91	Apiol	0.49	1637	1682
55.39	(1R,7S,E)-7-isopropil-4,10-dimetilenciclodec-5-enol	3.03	1649	
55.56	Epóxido de humuleno II	2.19	1654	1606
55.79	Isospatulenol	3.89	1659	1638
56.08	(-)-Espatuleno	1.28	1667	1577
56.35	. τ -Cadinol	2.38	1674	1640
56.94	. α -Cadinol	4.94	1689	1653

58.30	Farnesol isomer a	1.17	1724	1710
58.52	7R,8R-8-Hidroxi-4-isopropiliden-7-metilbicyclo[5.3.1]undec-1-eno	2.76	1730	1754
59.05	Ácido 3-(2-isopropil-5-metilfenil)-2-metilpropiónico	0.94	1745	1745
59.87	6-isopropenil-4,8a-dimetil-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-naftalen-2-ol	1.40	1767	1690
60.63	((4aS,8S,8aR)-8-isopropil-5-metil-3,4,4a,7,8,8a-hexahidronaftalen-2-il)metanol	0.93	1787	
60.63	Ylangenol	0.82	1787	1666
62.00	((8R,8aS)-8-Isopropil-5-metil-3,4,6,7,8,8a-hexahidronaftalen-2-il)metanol	0.38	1824	1803
67.19	Ácido palmítico	0.40	1964	1968
73.92	Fitol	0.97	2145	2114
Total		100.00		

Nota. t_R (min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST libray 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcenos. IR ref: índice de retención de la literatura.

Piper aduncum

En la tabla 17 se muestran los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 16 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, un alcohol entre otros; los compuestos mayoritarios fueron Miristicina (38.26 %), cariofileno (11.10 %), 1H-cicloprop[e]azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-, [1ar-(1a.α.,4a.α.,7.β.,7a.β,7b.α.)]- (10.04 %), epóxido de isoaromadendreno (8.40 %), (3R,3AR,3BR,4S,7R,7AR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-OL (6.63 %), pentadecano (5.86 %), .β-Copaeno (3.12 %) y apiol (3.08 %).

Figura 16 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de *Piper aduncum*

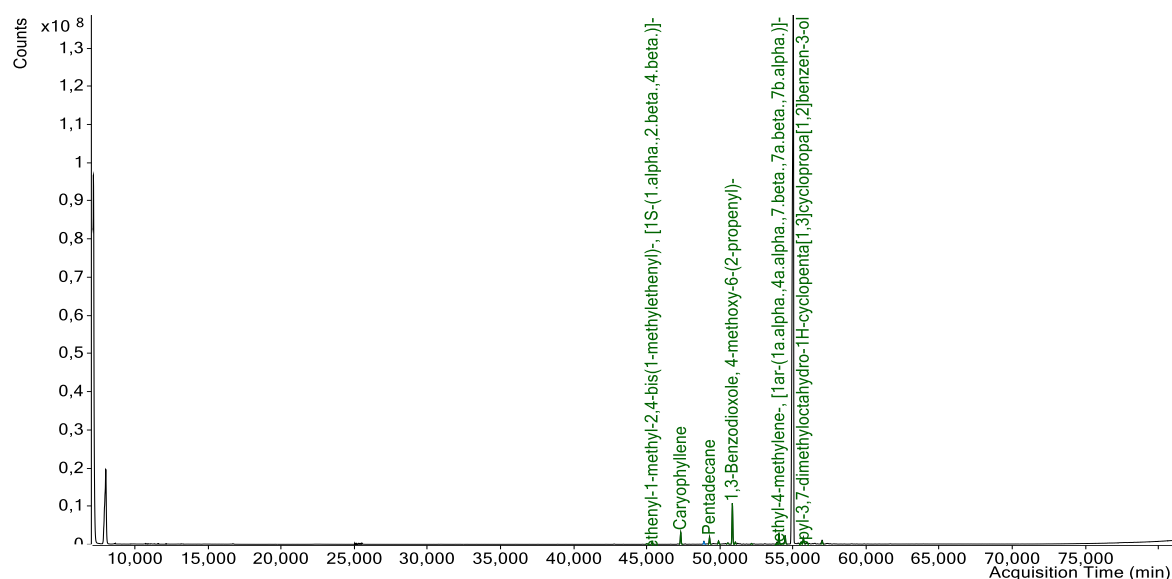


Tabla 17 Composición química del AE de *Piper aduncum*

t _R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
45.02	Copaeno	0.74	1403	1376
45.38	(-)-cis-β-Elemeno	2.30	1411	1391
47.33	Cariofileno	11.10	1455	1419
48.91	1,4,7,-ciclondecatrieno, 1,5,9,9-tetrametil-, Z,Z,Z-	2.47	1491	1579
49.30	Pentadecano	5.86	1500	1500
49.92	.β.-Copaeno	3.12	1515	1432
50.55	α-Elemeno	1.96	1530	1462
50.86	Miristicina	38.26	1538	1519
51.07	(+)-δ-Cadineno	2.01	1543	1524
52.17	trans-Nerolidol	0.73	1569	1564
53.92	.τ.-Cadinol	1.68	1612	1640
54.04	1H-cicloprop[e]azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-, [1ar-(1a.α.,4a.α.,7.β.,7a.β.,7b.α.)]-	10.04	1615	1576
54.47	Epóxido de isoaromadendreno	8.40	1626	
55.57	Epóxido de humuleno II	1.62	1654	1606
55.72	(3R,3AR,3BR,4S,7R,7AR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-OL	6.63	1658	1493
57.00	Apiol	3.08	1690	1682
	Total	100.00		

Nota. t_R(min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST libray 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcános. IR ref: índice de retención de la literatura.

Para el AE de *Piper aduncum* existen diversos reportes científicos en los cuales caracterizaron la composición química del aceite extraído de hojas por hidrodestilación, es el caso de Cossolin et al., (2019), los cuales reportaron myristicina (30.03%), aromadendreno (9.20%), dillapiol (8.43%), α-serineno (7.31%), tridecaeno (6.26%), γ-elemeno (4.58%) y o-cimeno (4.20%) como compuestos mayoritarios, así también Silva et al., (2019) reportaron dillapiol (52.37%) y γ-terpineno (8.98%), Oliveira et al., (2013) mostraron 1,8-cineol (53.9%), α-pineno (12.7%), β-pineno (8.5%) y trans-ocimeno (5.7%), Santana et al., (2015) reportaron (E)-isocroweacin (29.52%), apiol (28.62%) y elemicin (7.82%), además Jaramillo-Colorado et al., (2015) obtuvieron dillapiol (48,2%) y 1,8 cineol (11,4%) y Mamood et al., (2017) reportaron apiol (38.01%), metil isobutil quetona (8.26%), piperitona (3.34%) y cariofileno (2.45%), componentes que coinciden con los encontrados en la investigación como miristicina (38.26%), cariofileno (11.10%), epóxido de isoaromadendreno (8.40%), pentadecano (5.86%), .β-copaeno (3.12%) y apiol (3.08%), resultados que concuerdan con la literatura en los que el dillapiol, la miristicina y el cariofileno son los principales componentes que se reportan para el AE de *Piper aduncum* (Durofil et al., 2021; Monzote et al., 2017; Maia et al., 1998).

Piper amalago

En la tabla 18 se muestran los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 58 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; los compuestos mayoritarios fueron (+)- δ -cadineno (13.63 %), 1,4,7,-cyclondecatrieno, 1,5,9,9-tetrametil-, Z,Z,Z- (10.50 %), β -pineno (9.96 %), γ -muuroleno (8.26 %), apiol (7.21 %). ciclofencheno (6.02 %), eucaliptol (4.50 %), β -Copaeno (4.21 %) y cariofileno (3.23 %).

Figura 17 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de Piper amalago

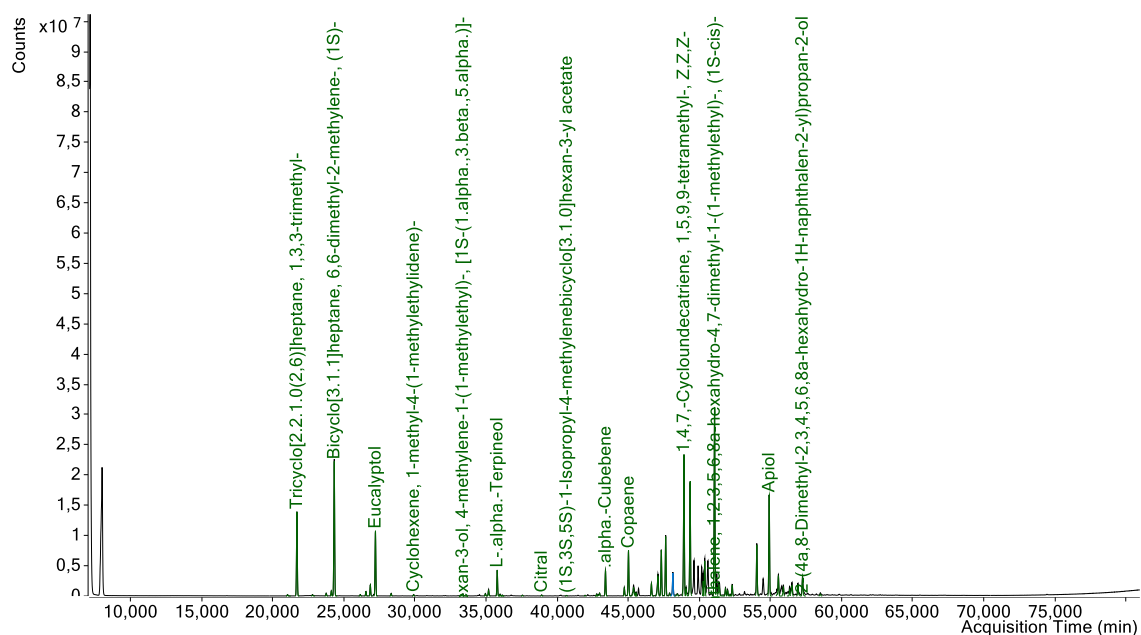


Tabla 18 Composición química del AE de Piper amalago

t_R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
21.05	α -tujeno	0.08	934	929
21.71	Ciclofencheno	6.02	946	890
22.80	Canfeno	0.08	966	
23.77	Sabineno	0.15	984	
24.13	β -Myrceno	0.29	991	991
24.33	β -pineno	9.96	995	943
26.16	α -terpineno	0.08	1028	1017
26.56	p-Cimeno	0.28	1035	1025
26.87	D-Limoneno	0.71	1041	1018
27.23	Eucaliptol	4.50	1048	1032
28.33	γ -Terpineno	0.15	1068	1060
29.91	α -terpinoleno	0.08	1097	1088
33.37	(+)-Sabinol	0.17	1163	1143
34.96	(+)-borneol	0.16	1194	

35.18	(-)-terpinen-4-ol	0.40	1198	1182
35.79	L.- α -Terpineol	1.73	1210	1190
35.99	(-)-Mirtenol	0.10	1214	1213
36.15	α -Thujenal	0.05	1218	1190
37.57	Neral	0.04	1246	1240
38.92	Citral	0.06	1273	1276
40.68	Acetato de (1S,3S,5S)-1-isopropil-4-metilenbicyclo[3.1.0]hexan-3-ilo	0.02	1310	1297
41.97	Acetato de mirtenilo	0.03	1337	1327
42.14	Teaspirano	0.06	1341	1302
42.79	δ -elemeno	0.12	1355	1338
42.99	Acetato de α -terpinilo	0.22	1359	1350
43.41	(-)- α -cubebeno	1.73	1368	
44.73	(+)-Ylangeno	0.55	1396	1372
45.02	Copaeno	3.16	1403	1376
45.38	β -elemeno	0.78	1411	
45.56	(-)- β -borboneno	0.24	1415	1384
46.63	(-)- α -gurjuneno	0.84	1439	1409
47.10	β -Copaeno	1.68	1450	1421
47.33	Cariofileno	3.23	1455	1419
47.64	β -Copaeno	4.21	1462	1432
47.91	(+)-Calareno	0.18	1468	1432
48.14	Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, [1R-(1 α .,7 β .,8a α .)]-	1.70	1474	1492
48.46	Cadina-3,5-dieno	0.19	1481	1458
48.92	1,4,7,-ciclondecatrieno, 1,5,9,9-tetrametil-, Z,Z,Z-	10.50	1491	1579
49.07	1-epi-Biciclosesquifellandreno	0.52	1495	1489
49.36	γ -Muuroleno	8.26	1501	1477
50.28	α -Muuroleno	0.83	1524	1499
50.39	(3R,3aR,3bR,4S,7R,7aR)-4-Isopropyl-3,7-dimethyloctahydro-1H-cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzen-3-ol	2.34	1526	
50.86	Miristicina	0.15	1538	1519
51.07	(+)- δ -cadineno	13.63	1543	1524
51.36	(+)-trans-calameneno	1.31	1550	1529
51.84	Naftaleno, 1,2,3,4,4a,7-hexahidro-1,6-dimetil-4-(1-metiletil)-	0.53	1561	1533
51.99	α -amorfeno	0.37	1565	1538
52.17	Peruvial	0.07	1569	1564
52.32	β -calacoreno	0.71	1573	1563
54.05	1H-cicloprop[e]azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-, [1a-(1a α .,4a α .,7 β .,7a β .,7b α .)]-	3.73	1615	1576
54.92	Apiol	7.21	1637	1682
55.56	Epóxido de humuleno II	1.47	1654	1606
55.91	4a(2H)-Naphthalenol, 1,3,4,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S,4S,4aS,8aR)-	0.69	1663	1614
56.35	τ -Cadinol	0.41	1674	1640
56.52	Acetato de hidrozuleno de 3,8-dimetil-5- α -hidroxi- δ^9 -octa	0.93	1678	
56.94	α -Cadinol	0.76	1689	
57.27	α -epi-7-epi-5-Eudesmol	1.40	1697	1598
58.52	7R,8R-8-Hydroxy-4-isopropylidene-7-methylbicyclo[5.3.1]undec-1-ene	0.16	1730	
Total		100.00		

Nota. t_R (min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST library 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcános. IR ref: índice de retención de la literatura.

Se han reportado estudios en Brasil de la composición química del AE de *Piper amalago*, por ejemplo en la investigación de da Silva Mota et al., (2013) mostraron el análisis de composición química por CG-EM para el AE extraído por hidrodestilación de hojas, en el cual identificaron cincuenta y dos componentes, los principales componentes fueron el α -amorfeno (25.7%), el p-cimeno (9.4%) y el (E)-metilgeranato (7.8%), asimismo la investigación de Potzernheim et al., (2006) para las hojas recolectadas en el Distrito Federal, mostró como principales componentes al α -pineno (30.5%), canfeno (8.9%) y limoneno (6.8%), también Mesquita et al., (2005) reportaron para el AE extraído de hojas de Minas Gerais, al elemeno (36.5%), óxido de cariofileno (18.0%), cariofileno E (17.8%), biciclogermacreno (16.4%), germacreno D (10.9%) y α -pineno (9.30%) como componentes principales, de igual manera Morandim-Giannetti et al., (2010) mostraron para el AE de hojas recolectadas en el Campus de la Universidad de São Paulo el predominio de γ -muuroleno (7.27%), germacreno D (9.94%), biciclogermacrene (27.91%), espatulenol (19.22%) y α -cadinol (7.6%), además De B. F. Ferraz et al., (2010) reportaron para el AE de hojas colectadas en el estado de Rio Grande do Sul como componentes principales al limoneno (20.52%), δ -elemeno (6.82%) y zingibereno (11.18%), lo que muestra una diferenciación en la composición química para cada AE, las cuales presentan algunas coincidencias con la investigación donde se identificó 58 compuestos, constituyendo los compuestos mayoritarios (+)- δ -cadineno (13.63%), 1,4,7,-cyclodecatrieno, 1,5,9,9-tetrametil-, Z,Z,Z- (10.50%), β -pineno (9.96%), γ -muuroleno (8.26%), apiol (7.21%), ciclofencheno (6.02%), eucaliptol (4.50%), β -Copaeno (4.21%) y cariofileno (3.23%), donde el γ -muuroleno, β -pineno y cariofileno son los compuestos que coinciden dentro de la identificación correspondientes a Morandim-Giannetti et al., (2010) y Mesquita et al., (2005) respectivamente. No obstante el estudio muestra compuestos similares a los reportados por Ricaldi y Martínez, (2014) para el AE de *Satureja incana* donde el germacreno D (25,91 %) y cariofileno (22.10 %) son los compuestos mayoritarios.

Piper glabribaccum

En la tabla 19 se muestran los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 43 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; los compuestos mayoritarios fueron (-)- α -cubebeno (14.30 %), trans-nerolidol (11.46 %), (-)-cis- β -Elemeno (9.63 %), guaiol

(8.19 %), copaeno (5.25 %), (-)- α -gurjuneno (5.22 %), Bicyclo[5.2.0]nonano, 2-metilen-4,8,8-trimetil-4-vinil- (4.93 %) y α -selineno (4.51 %).

Figura 18 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de *Piper glabribaccum*

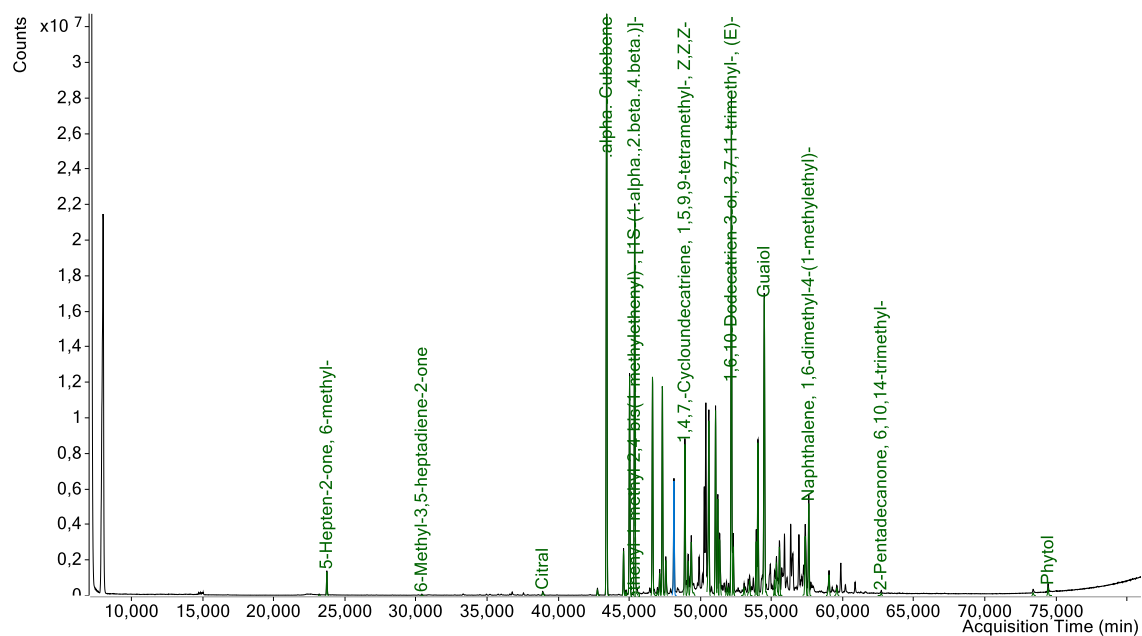


Tabla 19 Composición química del AE de *Piper glabribaccum*

t_R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
23.20	Benzaldehído	0.01	974	962
23.74	6-Metil-5-hepten-2-ona	0.49	984	986
30.42	6-Metil-3,5-heptadien-2-ona	0.01	1107	
38.92	Citral	0.09	1273	1276
42.76	. γ -Elemeno	0.13	1354	1434
43.41	(-)- α -cubebeno	14.30	1368	1351
44.60	1,2,9,10-tetrahidroaristolano	0.97	1394	1435
44.78	isoledeno	0.09	1397	1375
45.02	Copaeno	5.25	1403	1376
45.38	(-)-cis- β -Elemeno	9.63	1411	1391
46.64	(-)- α -gurjuneno	5.22	1439	1409
46.99	Disoxiloneno	0.11	1447	1440
47.14	(1S,2E,6E,10R)-3,7,11,11-tetrametilbicyclo[8.1.0]undeca-2,6-dieno	0.51	1451	1495
47.33	Bicyclo[5.2.0]nonano, 2-metilen-4,8,8-trimetil-4-vinil-	4.93	1455	1407
47.57	Z- β -guaieno	0.85	1461	1439
48.14	Aloaromadendreno	2.85	1474	
48.92	1,4,7,-cicloundecatrieno, 1,5,9,9-tetrametil-, Z,Z,Z-	3.54	1491	1579
49.14	γ -Gurjuneno	0.80	1496	1473
49.37	. γ -Selineno	1.60	1502	
50.27	4a,5-Dimetil-3-(prop-1-en-2-il)-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahidronaftaleno	2.12	1523	1492

50.60	α -selineno	4.51	1531	1474
51.07	Cadina-1(10),4-dieno	4.30	1543	1524
51.23	(3R,3AR,3BR,4S,7R,7AR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-OL	2.17	1546	1493
51.36	trans-Calameneno	1.46	1550	1529
51.84	Cubeneno	0.18	1561	1532
52.00	. α .-amorfo	0.16	1565	1538
52.19	trans-nerolidol	11.46	1570	1564
52.32	β -calacoreno	1.10	1573	1563
53.08	Epóxido de isoaromadendreno	0.18	1591	
53.46	1H-Cicloprop[e]azulen-4-ol, decahidro-1,1,4,7-tetrametil-, [1ar-(1 α ,4 β ,4a β ,7 α ,7a β ,7b α)]-	0.39	1600	1591
53.93	. τ .-Cadinol	1.35	1612	1640
54.05	1H-cicloprop[e]azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-, [1ar-(1a. α .,4a. α .,7. β .,7a. β .,7b. α .)]-	3.62	1615	1576
54.50	Guaiol	8.19	1627	1596
55.22	. α .-Corocaleno	0.33	1645	1623
55.35	(-)-Globulol	1.06	1648	
55.57	Epóxido de humuleno II	1.14	1654	1606
57.37	Eudesm-7(11)-en-4-ol	1.67	1700	1692
57.63	Cadaleno	2.08	1706	1674
59.05	7R,8R-8-Hidroxi-4-isopropiliden-7-metilbicyclo[5.3.1]undec-1-eno	0.59	1745	1754
59.61	6-isopropenil-4,8a-dimetil-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-naftalen-2-ol	0.22	1760	1690
62.72	Hexahidrofarnesil acetona	0.06	1843	1844
73.40	1-Octadecanol	0.09	2131	2082
74.45	Fitol	0.19	2159	2114
Total		100.00		

Nota. t_R (min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST library 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcános. IR ref: índice de retención de la literatura

Tesaria integrifolia

En la tabla 20 se muestran los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 36 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; los compuestos mayoritarios fueron 2-naftalenometanol, decahidro- α , α ,4a-trimetil-8-metileno-, [2R-(2 α ,4 α ,8a β)]- (18.28 %), fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-6-metil- (10.01 %), cariofileno (9.00 %), acetato de hidroazuleno de 3,8-dimetil-5- α -hidroxi- δ^9 -octa (8.74 %), 6,7-dimetil-1,2,3,5,8,8a-hexahidronaftaleno (8.63 %), dihidroagarofurano (8.08 %), deshidrofukinona (6.82 %) y 4,4a,5,6,7,8-Hexahidro-4a,8-dimetilnaftalen-2(3H)-ona (6.71 %).

Figura 19 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de *Tesaria integrifolia*

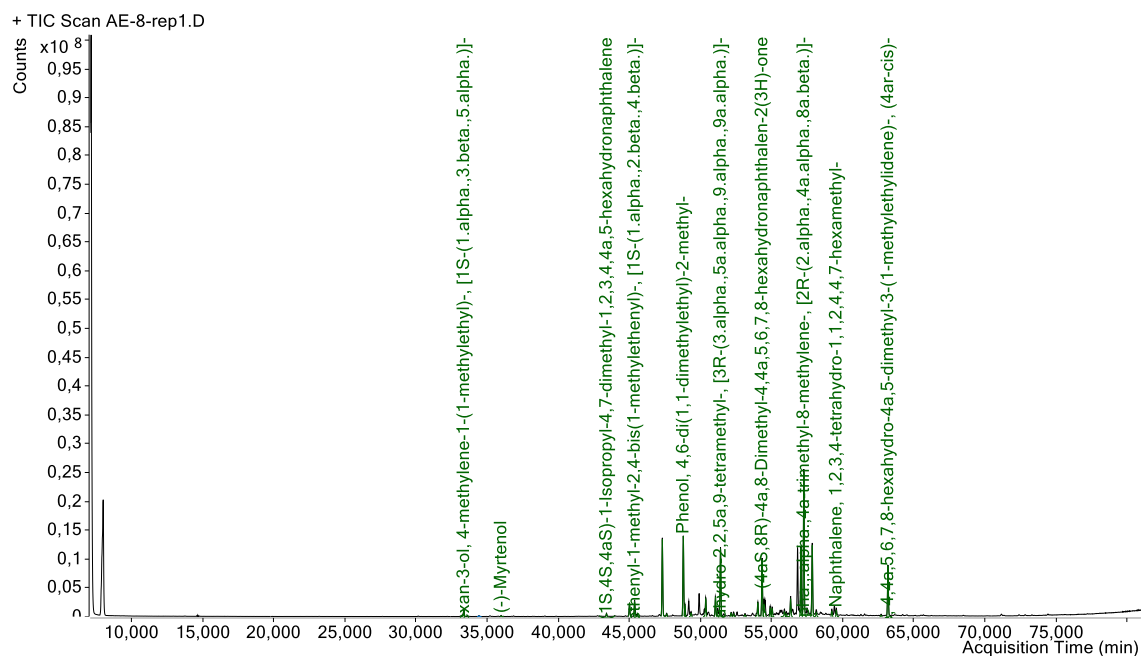


Tabla 20 Composición química del AE de *Tesaria integrifolia*

t_R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
33.38	(+)-Sabinol	0.91	1163	1143
34.43	Pinocarvona	0.11	1184	1164
35.99	(-)-Mirtenol	0.09	1214	1213
43.40	Cadina-3,5-dieno	0.31	1368	1458
45.02	Copaeno	1.53	1403	1376
45.38	(-)-cis- β -Elemeno	1.81	1411	1391
45.55	β -borboneno	0.20	1415	1384
47.33	Cariofileno	9.00	1455	1419
47.63	cis- β -Copaeno	0.31	1462	1432
48.81	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-6-metil-	10.01	1489	1676
48.91	1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicoundecatrieno	1.22	1491	1579
49.35	γ -Muuroleno	0.41	1501	
50.38	(3R,3AR,3BR,4S,7R,7AR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-OL	2.03	1526	
51.06	δ -amorfenol	2.11	1543	1524
51.35	trans-Calameneno	0.47	1550	1529
51.42	Dihidroagarofurano	8.08	1551	1496
52.17	Nerolidol	0.35	1569	
52.35	hedicariol	0.34	1573	

53.13	. α -Agarofurano	0.23	1592	1550
54.04	(1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropano[7a]azulen-7-ol	1.67	1615	1576
54.34	4,4a,5,6,7,8-Hexahidro-4a,8-dimetilnaftalen-2(3H)-ona	6.71	1623	1418
54.47	Óxido de cariofileno	2.09	1626	1581
54.91	Apiol	1.01	1637	1682
55.05	Oplopenona	0.97	1641	1606
55.91	4a(2H)-Naftalenol, 1,3,4,5,6,8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-, (1S,4S,4aS,8aR)-	0.68	1662	1614
56.04	γ -Eudesmol	0.40	1666	1631
56.34	Agarospírol	2.14	1673	1645
57.07	Acetato de hidroazuleno de 3,8-dimetil-5- α -hidroxi- δ^9 -octa	8.74	1692	1727
57.28	2-naftalenometanol, decahidro- $\alpha,\alpha,4a$ -trimetil-8-metileno-, [2R-(2 $\alpha,4a\alpha,8a\beta$)]-	18.28	1697	1649
57.87	6,7-dimetil-1,2,3,5,8,8a-hexahidronaftaleno	8.63	1713	1273
58.15	β -vatiirenono	0.56	1721	1540
59.25	2H-2,4a-etanonaftalen-8(5H)-ona, hexahidro-2,5,5-trimetil-	0.63	1750	1512
59.56	Naftaleno, 1,2,3,4-tetrahidro-1,1,2,4,4,7-hexametil-	0.75	1758	1610
61.55	(+)-Isovalencenol	0.25	1812	
62.71	Fitone	0.15	1843	1844
63.19	Deshidrofukinona	6.82	1856	1817
Total		100.00		

Nota. t_R (min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST libray 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcános. IR ref: índice de retención de la literatura.

Para el AE de *Tesaria integrifolia* existen reportes científicos que muestran algunos constituyentes aislados del extracto de hojas, por ejemplo Feo et al., (1990) reportó ácido 3,4-dicafoilquínico (0.020%), ácido 3,4,5-tricafoilquínico (0.013%), quercetina (0.017%), quercetina-3-O-glucósido (0.012%), rutina (0.020%) y naringina (0.025%). Peluso et al., (1995) derivados del ácido cafeoilquínico, Silva-Correa et al., (2018) y Ono et al., (2000) obtuvieron un compuesto sesquiterpeno de tipo eudesmano, compuestos que difieren de lo encontrado en la investigación, debido a que en este caso se muestra la caracterización química por CG/EM del AE extraído de las hojas donde 2-naftalenometanol, decahidro- $\alpha,\alpha,4a$ -trimetil-8-metileno-, [2R-(2 $\alpha,4a\alpha,8a\beta$)]- (18.28%), fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-6-metil- (10.01%), cariofileno (9.00%), acetato de hidroazuleno de 3,8-dimetil-5- α -hidroxi- δ^9 -octa (8.74%), 6,7-dimetil-1,2,3,5,8,8a-hexahidronaftaleno (8.63%), dihidroagarofurano (8.08%), deshidrofukinona (6.82%) y 4,4a,5,6,7,8-Hexahidro-4a,8-dimetilnaftalen-2(3H)-ona (6.71%) resultaron los compuestos mayoritarios dentro de treinta y seis compuestos identificados.

Zanthoxylum fagara

En la tabla 21 se muestran los resultados de la composición de compuestos volátiles que mostró el AE, se identificaron 34 compuestos, con presencia de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; los compuestos mayoritarios fueron cariofileno (40.00 %), hedicariol (10.86 %), (-)-cis- β -Elemeno (9.08 %), 1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicloundecatrieno (5.86 %), guaíol (4.48 %), δ -amorfeno (3.77 %), copaeno (3.26 %), alfa-epi-7-epi-5-Eudesmol (3.10 %) y α -Muuroleno (2.17 %).

Figura 20 Perfil cromatográfico en columna capilar DB-5MS UI del AE de *Zanthoxylum fagara*

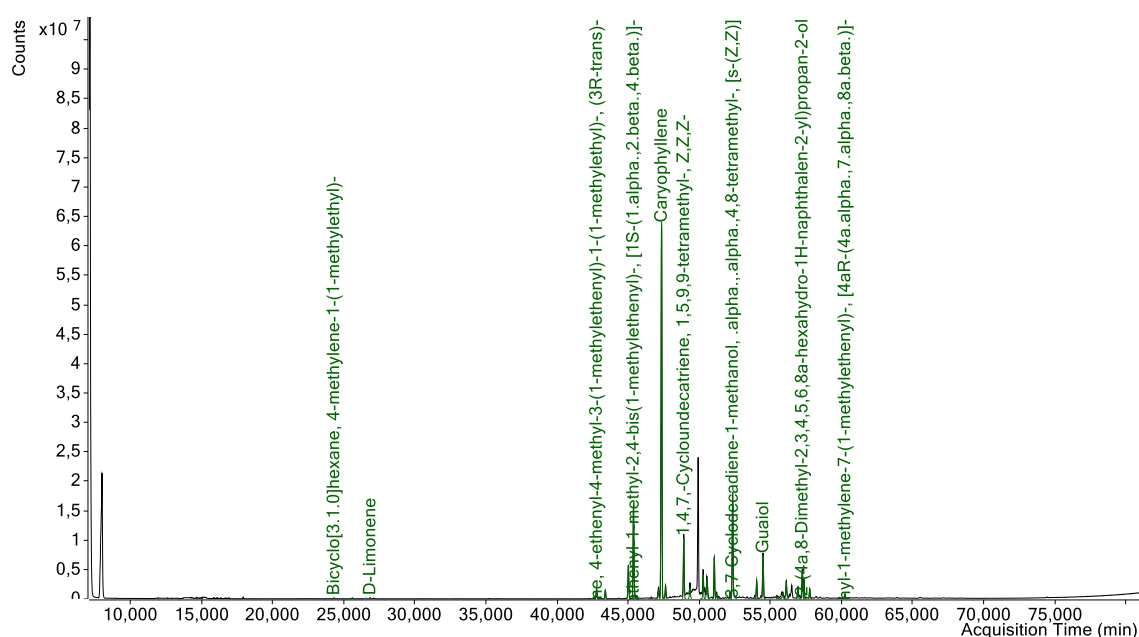


Tabla 21 Composición química del AE de *Zanthoxylum fagara*

t_R (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)	IR	IR ref
24.3	Sabine	0.07	994	974
25.6	α -felandreno	0.07	1018	1005
26.6	p-Cimeno	0.05	1035	
26.9	D-Limoneno	0.08	1041	1018
42.8	δ -elemene	0.99	1355	1338
43.4	(-)- α -cubebeno	0.74	1368	
45.0	Copaeno	3.26	1403	
45.4	(-)-cis- β -Elemeno	9.08	1411	1391
45.6	β -borboneno	0.16	1415	1384
46.6	(-)- α -gurjuneno	0.09	1439	1409
47.1	γ -elemene	0.96	1451	
47.4	Cariofileno	40.00	1456	1419
47.6	cis- β -Copaeno	1.07	1462	1432

48.9	1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicloundecatrieno	5.86	1491	1579
49.4	. γ -Muuroleno	1.20	1501	1477
50.3	. α -Muuroleno	2.17	1524	1499
50.5	(1S,2E,6E,10R)-3,7,11,11-tetrametilbicyclo[8.1.0]undeca-2,6-dieno	2.05	1530	
51.1	δ -amorfeno	3.77	1543	1524
51.2	(3S,3aR,3bR,4S,7R,7aR)-4-Isopropil-3,7-Dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-ol	0.49	1546	1515
51.4	Trans-Calameneno	0.17	1550	1529
52.2	Nerolidol	0.42	1569	1564
52.4	Hedicariol	10.86	1574	
53.9	. τ -Cadinol	0.18	1612	1640
54.0	(1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol	1.63	1615	1576
54.5	Guaiol	4.48	1626	1596
55.5	(1S,3aS,4S,5S,7aR,8R)-5-isopropil-1,7a-dimetiloctahidro-1H-1,4-metanoinden-8-ol	0.20	1651	1534
55.9	γ -Gurjunene	0.72	1662	1473
56.1	γ -Eudesmol	1.84	1668	1631
56.4	5-Azulenemetanol, 1,2,3,4,5alfa,6,7,8-octahidro-alfa,alfa,3beta,8beta-tetrametil-, acetato	0.23	1674	
56.9	. α -Cadinol	1.00	1689	1653
57.3	α -epi-7-epi-5-Eudesmol	3.10	1697	1598
57.4	Bulnesol	1.73	1699	1667
57.8	Ledol	0.87	1710	1565
60.3	β -selineno	0.41	1777	1486
Total		100.00		

Nota. t_R (min): tiempo de retención. Compuesto: identificado por CG/MS comparados con la biblioteca NIST libray 17. Abundancia relativa (%): cantidades relativas de los compuestos identificados en función del área de cada pico en el área total del cromatograma. IR: Índices de retención relativos calculados frente a n-alcános. IR ref: índice de retención de la literatura.

Dentro de las investigaciones del estudio de la composición química del AE de *Zanthoxylum fagara* se tiene el análisis de Setzer et al., (2005) por CG-EM que identificó 23 compuestos del AE de *Zanthoxylum fagara* proveniente de Costa Rica, mostrando como componentes más abundantes al citronelol (26.1%), geraniol (15.3%), citronelal (11.3%), geranial (11.6%) y neral (9.6%), asimismo Pérez López et al., (2015) reportaron que para el AE extraído de *Zanthoxylum fagara* en México, los compuestos principales fueron el silvestreno y el E-cariofileno con un 25.3% y un 23.6%, respectivamente, siendo los componentes principales los hidrocarburos sesquiterpénicos y monoterpénicos con un 51.1% y un 37.5%, respectivamente, además Pino et al., (2005) reportó la composición química del aceite de hoja de *Zanthoxylum fagara* (L.) Sargent en Cuba, mediante GC y GC/MS, donde identificaron treinta y siete compuestos del aceite, de los cuales el α -bisabolol (11.3%) y el bulnesol (8.7%) fueron los componentes principales, también Prieto et al., (2011) determinó la composición química del AE aislados de frutos de *Zanthoxylum fagara* (L.) en Colombia mediante destilación al vapor, el análisis por GC/EM identificó cincuenta y siete compuestos y los principales constituyentes contenía germacreno D-4-

ol (21.1%), elemol (8.35%) y α -cadinol (8.22%), resultados que difieren de lo encontrado en la investigación en la cual se identificaron por CG-EM treinta y cuatro compuestos, que mostraron al cariofileno (40.00%), hedicariol (10.86%), (-)-cis- β -Elemeno (9.08%), 1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-ciclundecatrieno (5.86%), guaiol (4.48%), δ -amorfenol (3.77%) y copaeno (3.26%), como compuestos mayoritarios, además dentro de los compuestos identificados se tiene solo dos coincidencias con distintos porcentajes de abundancia relativa entre el cariofileno con 0.50 y 40.00% y el α -cadinol con 0.70 y 1.00% para (Setzer et al., 2005a) y la investigación respectivamente, donde se evidencia mayor porcentaje en los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Correspondencia de compuestos mayoritarios de los AE

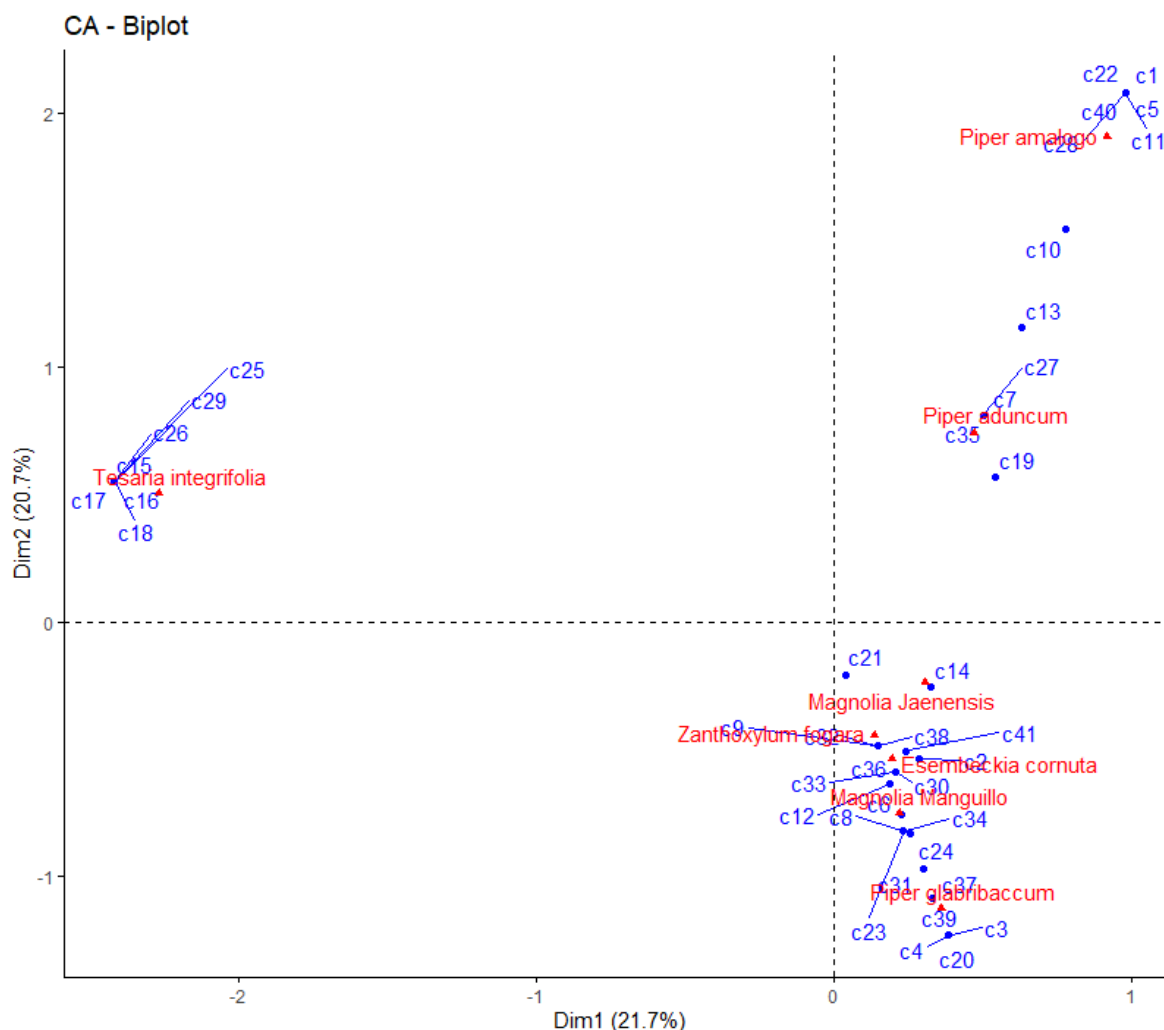
En la figura 21, se tiene representada gráficamente la correspondencia de los compuestos mayoritarios con cada uno de los AE. Para facilitar la lectura del gráfico se han etiquetado los compuestos como se puede ver en la tabla 22. Del gráfico se puede ver que el AE de *Tesaria integrifolia* no comparte compuestos mayoritarios con los AE de las demás especies. De la misma manera los AE de *Piper amalago* y *Piper aduncum* no tienen compuestos mayoritarios en común con los demás AE. Se puede ver también que, dos de las tres especies que tenían mayor actividad antioxidante y antimicrobiana (*Magnolia jaenensis* y *Piper glabribaccum*) comparten compuestos mayoritarios como Copaeno (c24) y trans-nerolidol (c37).

Tabla 22 Etiquetas de los compuestos mayoritarios utilizados en el análisis de correspondencia simple

Etiqueta	Compuesto
c1	1,4,7,-ciclundecatrieno, 1,5,9,9-tetrametil-, Z,Z,Z-
c2	(-)-cis- β -Elemeno
c3	(-)- α -cubebeno
c4	(-)- α -gurjuneno
c5	(+)- δ -cadineno
c6	(1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol (3R,3AR,3BR,4S,7R,7AR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H-ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-OL
c7	. α -Cadinol
c8	. α -Muuroleno
c9	. β -Copaeno
c10	. γ -Muuroleno
c11	1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-ciclundecatrieno
c12	1H-cicloprop[e]azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-, [1aR-(1a. α .,4a. α .,7. β .,7a. β .,7b. α .)]-
c13	2-Metil-1-penteno
c14	2-naftalenometanol, decahidro- α , α ,4a-trimetil-8-metileno-, [2R-(2 α ,4a α ,8a β)]-
c15	4,4a,5,6,7,8-Hexahidro-4a,8-dimetilnaftalen-2(3H)-ona

c17	6,7-dimetil-1,2,3,5,8,8a-hexahidronaftaleno
c18	Acetato de hidroazuleno de 3,8-dimetil-5- α -hidroxi- δ^9 -octa
c19	Apiol
c20	Biciclo[5.2.0]nonano, 2-metilen-4,8,8-trimetil-4-vinil-
c21	Cariofileno
c22	Ciclofencheno
c23	cis- β -Copaeno
c24	Copaeno
c25	Deshidrofukinona
c26	Dihidroagarofurano
c27	Epóxido de isoaromadendreno
c28	Eucaliptol
c29	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-6-metil-
c30	Fitol
c31	Guaiol
c32	Hedicariol
c33	Humulano-1,6-dien-3-ol
c34	Isospatulenol
c35	Pentadecano
c36	Peruviol
c37	trans-nerolidol
c38	α -epi-7-epi-5-Eudesmol
c39	α -selineno
c40	β -pineno
c41	δ -amorfenol

Figura 21 Correspondencia entre los AE y los compuestos químicos mayoritarios, mediante un Análisis de Correspondencia Simple



De los resultados anteriores se puede confirmar la presencia de compuestos volátiles hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados y alcoholes en todos los AE de las especies evaluadas, observando para el AE de *Esembeckia cornuta* presencia de cariofileno (16.79 %), δ -amorfeno (14.58 %), (-)-cis- β -Elemeno (6.58 %), peruviol (6.23 %), (1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol (6.13 %), humulano-1,6-dien-3-ol (5.50 %), copaeno (3.94 %) y fitol (3.54 %), para *Magnolia Jaenensis* (-)-cis- β -Elemeno (23.59 %), 2-Metil-1-penteno (16.70 %), cariofileno (15.26 %), apiol (14.08 %) y δ -amorfeno (10.15 %), para *Magnolia Manguillo* (1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol (15.00 %), cariofileno (11.59 %), cis- β -Copaeno (8.59 %), trans-nerolidol (6.46 %), copaeno (5.89 %), α -cadinol (4.94 %), 1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-ciclundecatrieno (4.81 %), δ -amorfeno (4.44 %) e isospatulenol (3.89 %), para *Piper aduncum* miristicina (38.26 %), cariofileno (11.10 %),

1H-cicloprop[e]azulen-7-ol,decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-,[1ar (1a.α.,4a.α.,7.β.,7a.β,7b.α.)]- (10.04 %), epóxido de isoaromadendreno (8.40 %), (3R,3AR,3BR,4S,7R,7AR)-4-Isopropil-3,7-dimetiloctahidro-1H ciclopenta[1,3]ciclopropa[1,2]bencen-3-OL (6.63 %), pentadecano (5.86 %), .β-Copaeno (3.12 %) y apiol (3.08 %), para *Piper amalogo* (+)-δ-cadineno (13.63 %), 1,4,7,-ciclondecatrieno, 1,5,9,9-tetrametil-, Z,Z,Z- (10.50 %), β-pineno (9.96 %), .γ.-muuroleno (8.26 %), apiol (7.21 %). ciclofencheno (6.02 %), eucaliptol (4.50 %), β-Copaeno (4.21 %) y cariofileno (3.23 %), para *Piper glabribaccum* (-)-α-cubebeno (14.30 %), trans-nerolidol (11.46 %), (-)-cis-β-Elemeno (9.63 %), guaiol (8.19 %), copaeno (5.25 %), (-)-α-gurjuneno (5.22 %), Biciclo[5.2.0]nonano, 2-metilen-4,8,8-trimetil-4-vinil- (4.93 %) y α-selineno (4.51 %). Para *Tesaria integrifolia* 2-naftalenometanol, decahidro-α,α,4a-trimetil-8-metileno-, [2R-(2 α,4aα,8aβ)]- (18.28 %), fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-6-metil- (10.01 %), cariofileno (9.00 %), acetato de hidroazuleno de 3,8-dimetil-5-α-hidroxi-δ⁹-octa (8.74 %), 6,7-dimetil-1,2,3,5,8,8a-hexahidronaftaleno (8.63 %), dihidroagarofurano (8.08 %), deshidrofukinona (6.82 %) y 4,4a,5,6,7,8-Hexahidro-4a,8-dimetilnaftalen-2(3H)-ona (6.71 %) y para *Zanthoxylum fagara* cariofileno (40.00 %), hedicariol (10.86 %), (-)-cis-β-Elemeno (9.08 %), 1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-ciclondecatrieno (5.86 %), guaiol (4.48 %), δ-amorfenol (3.77 %), copaeno (3.26 %), alfa-epi-7-epi-5-Eudesmol (3.10 %) y .α.-Muuroleno (2.17 %).

De esta manera se confirma la hipótesis planteada de que los AE están propensos a albergar una gama de compuestos volátiles como terpenos, terpenoides, fenilpropanoides, entre otros. Del análisis multivariante se puede observar que los AE de *Tesaria integrifolia*, *Piper aduncum* y *Piper amalogo* tienen compuestos mayoritarios diferentes a los de las otras especies evaluadas, confirmando la hipótesis de que la composición química de las especies es diferenciada.

Debido a que el presente trabajo ha considerado AE de plantas nativas y endémicas de la región Nor oriental del Marañón en Cajamarca, Perú, algunas no han sido estudiadas hasta la fecha o constituyen la primera divulgación científica, los reportes sobre rendimientos de extracción, actividad biológica (antibacteriana y antioxidante) y composición química resultan escasos, por ejemplo Vásquez-Ocmín et al., (2023) reportaron en el caso de *Piper glabribaccum* colectada en el departamento de Loreto de la región amazónica del Peru, dentro de diecinueve especies de Piper la validación científica de su uso tradicional como medicamento antiinfecciosos, pero en el cual no detallan el rendimiento de extracción, actividad biológica específica, ni la caracterización de componentes principales, por lo tanto la presente investigación reporta por primera vez el rendimiento de extracción, la actividad biológica y composición química de la especie,

también en el caso de *Magnolia jaenensis*, *Magnolia manguillo* y *Esembeckia cornuta* no se cuenta con estudios sobre actividad biológica y/o caracterización química, solo se evidencia reportes ecológicos como especies amenazadas y en peligro de extinción (Sánchez-Velásquez et al., 2016; Marcelo-Peña y Arroyo, 2013; Marcelo-Peña et al., 2019), asimismo para *Tesaria integrifolia* solo se cuenta con reportes de constituyentes aislados de extractos de hojas y no de AE, por lo tanto, sin referencias de rendimiento de extracción ni actividad biológica específica acorde a la investigación. Asimismo los estudios de bioactividad y de composición química disponibles de los AE presentados son insuficientes para evaluar usos y aplicaciones en la industria alimentaria. Por lo tanto la información reportada en este estudio ofrece conocimientos de los AE de plantas nativas de la Provincia de Jaén y servirá de referencia para próximas investigaciones en la temática.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se reveló la actividad antibacteriana y capacidad antioxidante *in vitro* y la composición química de nueve AE seleccionados de once, los cuales se obtuvieron de treinta especies vegetales de la provincia de Jaén – Cajamarca, encontrando relevantes resultados en la actividad biológica de los aceites extraídos que visan su potencial uso en la industria de alimentos.
- Se realizó la extracción por hidrodestilación de las treinta plantas propuestas en el estudio, el proceso siguió un flujograma donde se estableció un pre tratamiento para el material vegetal de colecta, limpieza, secado y molido, para después continuar con una hidrodestilación, los resultados mostraron la extracción de aceite de once de ellas, de las cuales se seleccionó nueve para continuar con la investigación.
- Se determinó el rendimiento de extracción de los AE en dos épocas del año (estación seca y lluviosa), los resultados mostraron diferencias en los rendimientos que variaron entre 0.01 y 1.50 % en la estación seca y de 0.07 a 0.93 % para la época lluviosa, además se evidenció que en la estación lluviosa (colecta de los meses de febrero y marzo de 2024) se obtuvo un mayor rendimiento de extracción expresado en porcentaje para la mayoría de aceites, mostrando para *Esembeckia cornuta*, *Lippia alba*, *Magnolia jaenensis*, *Piper aduncum*, *Piper amalago*, *Piper glabribaccum* y *Tesaria integrifolia* un incremento de 30.76, 94.12, 150.00, 26.92, 38.33, 69.70 y 328.57 % respectivamente; en cambio para *Magnolia manguillo* y *Zanthoxylum fagara* se observó una disminución en el rendimiento de 46.15 y 38.00 % respectivamente.
- Se evaluó la actividad antibacteriana *in vitro* de los AE por el método de difusión en disco frente a tres especies bacterianas (*E. coli*, *Salmonella enteritidis* y *S. aureus*.) asociadas con la deterioración de alimentos y patógenos alimentarios; calculando los porcentajes de inhibición relativa se determinó la actividad contra cada microorganismo, todos los aceites evaluados mostraron una actividad baja frente a *E. coli* y *Salmonella enteritidis* en cambio frente a *S. aureus* los AE se dividieron en tres grupos exhibiendo actividades bajas, medias y altas, donde los AE de *Piper amalago*, *Piper glabribaccum*, *Tesaria integrifolia* y *Magnolia jaenensis* fueron las que mostraron actividades altas.
- Se determinó la capacidad antioxidante mediante los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y el contenido total de compuestos fenólicos de los AE, mostrando resultados diferenciados, donde los valores para DPPH oscilaron entre 7.20 y 19.28 μmol

Trolox/g muestra y *Piper aduncum*, *Lippia alba* y *Tesaria integrifolia* obtuvieron los valores máximos; para FRAP los valores variaron entre 32.86 y 111.79 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra en el cual *Piper aduncum*, *Tesaria integrifolia* y *Magnolia jaenensis* exhibieron lo máximos resultados; asimismo los resultados de los valores para ABTS estuvieron entre 7.86 y 19.02 $\mu\text{mol Trolox}/\text{g}$ muestra donde *Piper aduncum*, *Magnolia jaenensis* y *Tesaria integrifolia* revelaron la mejor actividad y con respecto al contenido de compuestos fenólicos los valores variaron entre 50.11 y 132.64 mg ácido gálico/g muestra en el cual *Tesaria integrifolia*, *Piper aduncum*, *Magnolia manguillo* y *Magnolia jaenensis* exhibieron valores superiores a 100 mg ácido gálico/g muestra.

- Se caracterizó la composición química de los AE por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas, mostrando en cada aceite presencia diferenciada de hidrocarburos monoterpénicos, monoterpénicos oxigenados, hidrocarburos sesquiterpénicos, sesquiterpénicos oxigenados, alcoholes, entre otros; detectándose e identificándose para: *Esembeckia cornuta* 50 compuestos, donde el cariofileno (16.79 %) fue el compuesto mayoritario, *Magnolia Jaenensis* 42 compuestos, con presencia mayoritaria de (-)-cis- β -Elemeno (23.59 %), *Magnolia manguillo* 56 compuestos, con presencia mayoritaria de (1aR,4aR,7S,7aR,7bR)-1,1,7-Trimetil-4-metilendecahidro-1H-ciclopropa[e]azulen-7-ol (15.00 %), *Piper aduncum* 16 compuestos, con presencia mayoritaria de Miristicina (38.26 %), *Piper amalago* 58 compuestos, con presencia mayoritaria de (+)- δ -cadineno (13.63 %), *Piper glabribaccum* 43 compuestos, con presencia mayoritaria de (-)- α -cubebeno (14.30 %), *Tesaria integrifolia* 36 compuestos, con presencia mayoritaria de 2-naftalenometanol, decahidro- $\alpha,\alpha,4a$ -trimetil-8-metileno-, [2R-(2 α ,4 α ,8 $\alpha\beta$)]- (18.28 %) y *Zanthoxylum fagara* 34 compuestos, con presencia mayoritaria de cariofileno (40.00 %).
- Se seleccionó los AE con mejor desempeño biológico por medio de un análisis de componentes principales en relación a su actividad antibacteriana, capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos, constituyéndolos *Tesaria integrifolia*, *Magnolia jaenensis* y *Piper glabribacum*.

Recomendaciones

- A los investigadores interesados en la producción y aplicación de AE, enfocar los estudios mediante el uso de diferentes métodos de extracción, coleccionar en diferentes pisos altitudinales y épocas estacionales, lo cual permita encontrar una relación de variación en la actividad biológica, composición química y rendimiento

de extracción para poder validar una metodología multivariada que permita determinar parámetros óptimos que definan los procesos de extracción de los AE y mejorar la calidad de estos.

- A las autoridades y docentes de la Escuela de Pos Grado de la Universidad Nacional del Santa, promover investigaciones multidisciplinarias relacionadas con la valoración bioquímica de plantas nativas de la región e implementar equipamiento y recursos humanos que se especialicen en los análisis requeridos para el área temática.
- A los empresarios dedicados a la producción de AE, tomar como referencia el estudio realizado para aprovechar las propiedades biológicas que muestran los aceites, además se sugiere el escalamiento de esta metodología, asimismo la intensificación del cultivo de las plantas que obtuvieron las mejores actividades biológicas y posterior producción en la industria alimentaria.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5 online ed. *Gruver, TX USA: Texensis Publishing*.
- Adelakun, O. E., Oyelade, O. J., & Olanipekun, B. F. (2016). Use of Essential Oils in Food Preservation. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, 71-84.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00007-9>
- Ahmed, A. F., Attia, F. A., Liu, Z., Li, C., Wei, J., & Kang, W. (2019). Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 299-305.
- Ahrar, A. el. (2016). *Variación estacional del aceite esencial obtenido de diferentes quimiotipos de Mentha longifolia L.*
- Aldana, D. S., Contreras-Esquivel, J. C., Nevárez-Moorillón, G. V., & Aguilar, C. N. (2014). Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. <http://mc.manuscriptcentral.com/tcyt>, 13(1), 17-25.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2014.904929>
- Amorati, R., Foti, M. C., & Valgimigli, L. (2013a). Antioxidant Activity of Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), 10835-10847. <https://doi.org/10.1021/jf403496k>
- Amorati, R., Foti, M. C., & Valgimigli, L. (2013b). Antioxidant Activity of Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), 10835-10847. <https://doi.org/10.1021/jf403496k>
- Araujo Baptista, L. M., Rondón Rivas, M. E., Cruz Tenempaguay, R. E., Guayanlema Chávez, J. D., Vargas Córdova, C. A., Morocho Zaragocin, S. V., & Cornejo Sotomayor, S. X. (2019). *Antimicrobial activity of the essential oil of Piper amalago L. (Piperaceae) collected in coastal Ecuador*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20203219443>
- Armijos, C., Valarezo, E., Cartuche, L., Zaragoza, T., Finzi, P. V., Mellerio, G. G., & Vidari, G. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of *Myrcianthes fragrans* essential oil, a

- natural aromatizer of the traditional Ecuadorian beverage colada morada. *Journal of Ethnopharmacology*, 225, 319-326. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2018.07.018>
- Asero, R. (2006). Sodium benzoate-induced pruritus. *Allergy*, 61(10), 1240-1241.
- Aular, Y., Villamizar, M., Pérez, Y., & Pérez, V. (2016). Composición química y toxicidad aguda oral del aceite esencial de *Lippia alba* en ratones. *Salus*, 20(1), 43-51.
- Aziz, S., Sukari, M. A., Rahmani, M., Kitajima, M., Aimi, N., & Ahpandi, N. J. (2010). Coumarins from *Murraya paniculata* (Rutaceae). *Malaysian J Analytical Sci*, 14(1), 1-5.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, 117(4), 426-436.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibensouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71-79.
<https://doi.org/10.1016/J.JPHA.2015.11.005>
- Bampouli, A., Kyriakopoulou, K., Papaefstathiou, G., Louli, V., Krokida, M., & Magoulas, K. (2014). Comparison of different extraction methods of *Pistacia lentiscus* var. Chia leaves: Yield, antioxidant activity and essential oil chemical composition. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 1(3), 81-91.
- Barbieri, N., Costamagna, M., Gilabert, M., Perotti, M., Schuff, C., Isla, M. I., & Benavente, A. (2016). Antioxidant activity and chemical composition of essential oils of three aromatic plants from La Rioja province. *Pharmaceutical Biology*, 54(1), 168-173.
<https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1028077>

- Barra, A. (2009). Factors Affecting Chemical Variability of Essential Oils: A Review of Recent Developments: <https://doi.org/10.1177/1934578X0900400827>, 4(8), 1147-1154.
<https://doi.org/10.1177/1934578X0900400827>
- Bassolé, I. H. N., & Juliani, H. R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17(4), 3989-4006.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Bergo, C. L., Amaral Do, W., Biasi, L. A., Deschamps, C., Correa Junior, C., SILVA da, L. E., & Côcco, L. C. (2017). Essential oil yield and composition of Piper species in Parana. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 19(2), 177-183. Scopus. <https://doi.org/10.1590/1983-084X/0016>
- Bizzo, H. R., Hovell, A. M. C., & Rezende, C. M. (2009). Óleos essenciais no Brasil: Aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova*, 32(3), 588-594.
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>
- Blank, A. F., Fontes, S. M., Carvalho Filho, J. L. S., Alves, P. B., Silva-Mann, R., Mendonça, M. C., Arrigoni-Blank, M. F., & Rodrigues, M. O. (2005). Influência do horário de colheita e secagem de folhas no óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) cultivada em dois ambientes. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 8(1), 73-78.
- Boom, E. A., Orozco, J. A., Alean, J. D., & Rojano, B. (2018). Evaluation of antioxidant activity of eucalyptus essential oils grown in Colombia. *Informacion Tecnologica*, 29(6), 57-66.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600057>
- Braga Carneiro, S., Kreutz, T., Limberger, R. P., da Veiga Júnior, V. F., & Koester, L. S. (2023). Development, validation and application of a gas chromatography method for the determination of dillapiole from Piper aduncum essential oil in skin permeation samples. *Biomedical Chromatography*, 37(2). Scopus. <https://doi.org/10.1002/bmc.5544>

- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, *94*(3), 223-253.
<https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2004.03.022>
- Bussmann, R. W., Ashley, G., Sharon, D., Chait, G., Diaz, D., Pourmand, K., Jonat, B., Somogy, S., Guardado, G., Aguirre, C., Chan, R., Meyer, K., Rothrock, A., & Townesmith, A. (2011). Proving that Traditional Knowledge Works: The antibacterial activity of Northern Peruvian medicinal plants. *Ethnobotany Research and Applications*, *9*, 067-096.
- Bussmann, R. W., Glenn, A., Sharon, D., Chait, D. D., Pourmand, K., Jonat, B., Somogy, S., Guardado, G., Aguirre, C., & Chan, R. (2011). *Proving that traditional knowledge works: The antibacterial activity of Northern Peruvian medicinal plants*.
<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/21019>
- Cajamarca, G. R. de, & (MINAM), M. del A. (2009). Estrategia regional de biodiversidad de Cajamarca al 2021: Experiencia participativa para la sostenibilidad de la región. *Repositorio Institucional - ANA*.
- Carhuallanqui Pérez, A., Salazar Salvatierra, M. E., & Ramos Delgado, D. (2020a). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, *22*(1), 23-33. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.530>
- Carhuallanqui Pérez, A., Salazar Salvatierra, M. E., & Ramos Delgado, D. (2020b). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano frente a *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *22*(1), 25-33.
- Carrillo-Hormaza, L., Mora, C., Alvarez, R., Alzate, F., & Osorio, E. (2015). Chemical composition and antibacterial activity against *Enterobacter cloacae* of essential oils from Asteraceae species growing in the Páramos of Colombia. *Industrial Crops and Products*, *C*(77), 108-115. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2015.08.047>

- Castro-Alayo, E. M., Chávez-Quintana, S. G., Auquiñivín-Silva, E. A., Fernández-Jeri, A. B., Acha-De la Cruz, O., Rodríguez-Hamamura, N., Olivas-Orozco, G. I., & Sepúlveda-Ahumada, D. R. (2019). Essential oils of native plants from Peru: Effect of the place of cultivation on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Scientia Agropecuaria*, *10*(4), 479-487. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.04>
- Castro-Alayo, E. M., Chávez-Quintana, S. G., Auquiñivín-Silva, E. A., Fernández-Jeri, A. B., Cruz, O. A.-D. la, Rodríguez-Hamamura, N., Olivas-Orozco, G. I., & Sepúlveda-Ahumada, D. R. (2019). Aceites esenciales de plantas nativas del Perú: Efecto del lugar de cultivo en las características fisicoquímicas y actividad antioxidante. *Scientia Agropecuaria*, *10*(4), 479-487.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.-G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.-S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics sonochemistry*, *34*, 540-560.
- Cook, C. M., & Lanaras, T. (2016a). *Essential oils: Isolation, production and uses*.
- Cook, C. M., & Lanaras, T. (2016b). *Essential oils: Isolation, production and uses*.
- Cossolin, J. F. S., Pereira, M. J. B., Martínez, L. C., Turchen, L. M., Fiaz, M., Bozdoğan, H., & Serrão, J. E. (2019). Cytotoxicity of Piper aduncum (Piperaceae) essential oil in brown stink bug Euschistus heros (Heteroptera: Pentatomidae). *Ecotoxicology*, *28*(7), 763-770. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02072-8>
- Da Porto, C., & Decorti, D. (2009). Ultrasound-assisted extraction coupled with under vacuum distillation of flavour compounds from spearmint (carvone-rich) plants: Comparison with conventional hydrodistillation. *Ultrasonics sonochemistry*, *16*(6), 795-799.
- Da Silva, J. K. R., Andrade, E. H. A., Kato, M. J., Carreira, L. M. M., Guimarães, E. F., & Maia, J. G. S. (2011). Antioxidant Capacity and Larvicidal and Antifungal Activities of Essential Oils and

- Extracts from *Piper krukoffii*. *Natural Product Communications*, 6(9), 1934578X1100600.
<https://doi.org/10.1177/1934578X1100600936>
- da Silva Mota, J., de Souza, D. S., Boone, C. V., Lima Cardoso, C. A., & Bastos Caramão, E. (2013). Identification of the Volatile Compounds of Leaf, Flower, Root and Stem Oils of *Piper amalago* (Piperaceae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(1), 11-16.
<https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.794021>
- De B. F. Ferraz, A., Balbino, J. M., Zini, C. A., Ribeiro, V. L. S., Bordignon, S. A. L., & Von Poser, G. (2010). Acaricidal activity and chemical composition of the essential oil from three *Piper* species. *Parasitology Research*, 107(1), 243-248. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1878-y>
- Diniz do Nascimento, L., Barbosa de Moraes, A. A., Santana da Costa, K., Pereira Galúcio, J. M., Taube, P. S., Leal Costa, C. M., Neves Cruz, J., de Aguiar Andrade, E. H., & Guerreiro de Faria, L. J. (2020). Bioactive natural compounds and antioxidant activity of essential oils from spice plants: New findings and potential applications. *Biomolecules*, 10(7), 988.
- Dorman, H., & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*, 88(2), 308-316.
- Dorothy, C. (1994). *The world of Magnolias*. Timber Press, Inc. Portland, Oregon.
- dos Santos, A. L., Novaes, A. da S., Polidoro, A. dos S., de Barros, M. E., Mota, J. S., Lima, D. B. M., Krause, L. C., Cardoso, C. A. L., Jacques, R. A., & Caramão, E. B. (2018). Chemical characterisation of (Piperaceae) essential oil by comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled with rapid-scanning quadrupole mass spectrometry (GC×GC/qMS) and their antilithiasic activity and acute toxicity. *Phytochemical Analysis*, 29(5), 432-445. <https://doi.org/10.1002/pca.2747>
- Durofil, A., Radice, M., Blanco-Salas, J., & Ruiz-Téllez, T. (2021). *Piper aduncum* essential oil: A promising insecticide, acaricide and antiparasitic. A review. *Parasite*, 28.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8095093/>

- Feo, V. De, Belaunde, A. J., Sandoval, J. G., Senatore, F., & Formisano, C. (2008). Antibacterial Activity and Composition of the Essential Oil of *Peperomia Galioides* HBK (Piperaceae) from Peru: <https://doi.org/10.1177/1934578X0800300622>, 3(6), 933-936.
<https://doi.org/10.1177/1934578X0800300622>
- Feo, V. de, D'Agostino, M., Simone, F. de, & Pizza, C. (1990). *Constituents of Tessaria integrifolia*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19910302345>
- Figlar, R. B., & Nootboom, H. P. (2004). Notes on Magnoliaceae IV. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 49(1), 87-100.
- Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J. C. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: Volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4), 213-226. <https://doi.org/10.1002/ffj.1875>
- Firuzi, O., Miri, R., Tavakkoli, M., & Saso, L. (2011). Antioxidant therapy: Current status and future prospects. *Current medicinal chemistry*, 18(25), 3871-3888.
- Funk, V. A., Bayer, R. J., Keeley, S., Chan, R., Watson, L., Gemeinholzer, B., Schilling, E., Panero, J. L., Baldwin, B. G., & Garcia-Jacas, N. (2005). Everywhere but Antarctica: Using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. *Biol. Skr.* 55: 343-373.
https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/11397/bot_2005_pr_Funk_et_al_Supertree.pdf
- Gavahian, M., Chu, Y.-H., Lorenzo, J. M., Khaneghah, A. M., & Barba, F. J. (2018). Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1525601>, 60(2), 310-321. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1525601>
- Gavahian, M., Farahnaky, A., Javidnia, K., & Majzoobi, M. (2012). Comparison of ohmic-assisted hydrodistillation with traditional hydrodistillation for the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, 85-91.

- Ghosh, D., Chaudhary, N., Uma Kumari, K., Singh, J., Tripathi, P., Meena, A., Luqman, S., Yadav, A., Chanotiya, C. S., Pandey, G., & Kumar, N. (2021). Diversity of Essential Oil-Secretory Cells and Oil Composition in Flowers and Buds of *Magnolia sirindhorniae* and Its Biological Activities. *Chemistry & Biodiversity*, *18*(1), e2000750.
<https://doi.org/10.1002/cbdv.202000750>
- Glamočlija, J., Soković, M., Tešević, V., Linde, G. A., & Colauto, N. B. (2011). Chemical characterization of *Lippia alba* essential oil: An alternative to control green molds. *Brazilian Journal of Microbiology*, *42*, 1537-1546. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000400041>
- Gobbo-Neto, L., & Lopes, N. P. (2007). Medicinal plants: Factors of influence on the content of secondary metabolites. *Química Nova*, *30*, 374-381.
- Gonzales De La Cruz, M., Baldeón Malpartida, S., Beltrán Santiago, H., Jullian, V., & Bourdy, G. (2014). Hot and cold: Medicinal plant uses in Quechua speaking communities in the high Andes (Callejón de Huaylas, Ancash, Perú). *Journal of Ethnopharmacology*, *155*(2), 1093-1117. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2014.06.042>
- Goodman, D. L., McDonnel, J. T., Nelson, H. S., Vaughan, T. R., & Weber, R. W. (1990). Chronic urticaria exacerbated by the antioxidant food preservatives, butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT). *Journal of allergy and clinical immunology*, *86*(4), 570-575.
- G.r., S., & Tripathy, V. (2016). Seasonal variation in the essential oils extracted from leaves and inflorescence of different *Ocimum* species grown in Western plains of India. *Industrial Crops and Products*, *94*, 52-64. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.041>
- Guerrini, A., Sacchetti, G., Rossi, D., Paganetto, G., Muzzoli, M., Andreotti, E., Tognolini, M., Maldonado, M. E., & Bruni, R. (2009). Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (Piperaceae) essential oils from eastern Ecuador. *Environmental toxicology and pharmacology*, *27*(1), 39-48.

- Hamid, A. A., Aiyelaagbe, O. O., Usman, L. A., Ameen, O. M., & Lawal, A. (2010). Antioxidants: Its medicinal and pharmacological applications. *African Journal of pure and applied chemistry*, 4(8), 142-151.
- Hasbay, I., & Galanakis, C. M. (2018). Recovery technologies and encapsulation techniques. *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications*, 233-264.
- Hashemi, S. M. B., Khorram, S. B., & Sohrabi, M. (2017). Antioxidant Activity of Essential Oils in Foods. En S. M. B. Hashemi, A. Mousavi Khaneghah, & A. De Souza Sant'Ana (Eds.), *Essential Oils in Food Processing* (1.^a ed., pp. 247-265). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781119149392.ch8>
- Hennebelle, T., Sahpaz, S., Joseph, H., & Bailleul, F. (2008). Ethnopharmacology of *Lippia alba*. *Journal of ethnopharmacology*, 116(2), 211-222.
- Hernández, T., García-Bores, A. M., Serrano, R., Ávila, G., Dávila, P., Cervantes, H., Peñalosa, I., Flores-Ortiz, C. M., & Lira, R. (2015). Fitoquímica y actividades biológicas de plantas de importancia en la medicina tradicional del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 18(2), 116-121.
- Hyltdgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in microbiology*, 3, 12.
- Jaramillo-Colorado, B. E., Duarte-Restrepo, E., & Pino-Benítez, N. (2015). Evaluación de la actividad repelente de aceites esenciales de plantas Piperáceas del departamento de Chocó, Colombia. *Revista de toxicología*, 32(2), 112-116.
- Jayasena, D. D., & Jo, C. (2013). Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 34(2), 96-108.
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2013.09.002>
- Jeffrey, C. (2007). Compositae: Introduction with key to tribes. *Families and Genera of Vascular Plants*, 8, 61-87.

- Kloucek, P., Polesny, Z., Svobodova, B., Vlkova, E., & Kokoska, L. (2005). Antibacterial screening of some Peruvian medicinal plants used in Calleria District. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(2), 309-312. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2005.01.062>
- Lakušić, B., Ristić, M., Slavkovska, V., Milenković, M., & Lakušić, D. (2011). Environmental and Seasonal Impacts on the Chemical Composition of *Satureja horvatii* ŠILIC (Lamiaceae) Essential Oils. *Chemistry & Biodiversity*, 8(3), 483-493. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000169>
- Lemos, M. F., Lemos, M. F., Pacheco, H. P., Guimarães, A. C., Fronza, M., Endringer, D. C., & Scherer, R. (2017). Seasonal variation affects the composition and antibacterial and antioxidant activities of *Thymus vulgaris*. *Industrial Crops and Products*, 95, 543-548.
- Li, Y., Liu, S., Zhao, C., Zhang, Z., Nie, D., Tang, W., & Li, Y. (2022). The chemical composition and antibacterial and antioxidant activities of five citrus essential oils. *Molecules*, 27(20), 7044.
- Liao, Z., Huang, Q., Cheng, Q., Khan, S., & Yu, X. (2021). Seasonal Variation in Chemical Compositions of Essential Oils Extracted from Lavandin Flowers in the Yun-Gui Plateau of China. *Molecules*, 26(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/molecules26185639>
- Lin, C.-W., Yu, C.-W., Wu, S.-C., & Yih, K.-H. (2020). DPPH free-radical scavenging activity, total phenolic contents and chemical composition analysis of forty-two kinds of essential oils. *Journal of Food and Drug Analysis*, 17(5). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2594>
- López, P. L., Reinante, R. D., Grosso, N. R., & Olmedo, R. H. (2021). Tendencias en la percepción de los consumidores y adquirientes sobre los aditivos alimentarios. *Nexo agropecuario*, 9(1), 45-51.
- Mabberley, D. J. (2017). *Mabberley's plant-book: A portable dictionary of plants, their classification and uses*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20193206815>
- Maggi, F., Bramucci, M., Cecchini, C., Coman, M. M., Cresci, A., Cristalli, G., Lupidi, G., Papa, F., Quassinti, L., & Sagratini, G. (2009). Composition and biological activity of essential oil of

- Achillea ligustica All.(Asteraceae) naturalized in central Italy: Ideal candidate for anti-cariogenic formulations. *Fitoterapia*, 80(6), 313-319.
- Maia, J. G. S., Zohhbi, M. D. G. B., Andrade, E. H. A., Santos, A. S., Da Silva, M. H. L., Luz, A. I. R., & Bastos, C. N. (1998). Constituents of the essential oil of Piper aduncum L. growing wild in the Amazon region. *Flavour and Fragrance Journal*, 13(4), 269-272.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(1998070\)13:4<269::AID-FFJ744>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(1998070)13:4<269::AID-FFJ744>3.0.CO;2-A)
- Mamood, S. N. H., Hidayatulfathi, O., Budin, S. B., Rohi, G. A., & Zulfakar, M. H. (2017). The formulation of the essential oil of Piper aduncum Linnaeus (Piperales: Piperaceae) increases its efficacy as an insect repellent. *Bulletin of entomological research*, 107(1), 49-57.
- Marcelo Peña, J. Luis. (2010). *Guía ilustrada de la flora leñosa de los bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú*. 286.
- Marcelo-Peña, J. L., & Arroyo, F. (2013). Magnolia jaenensis y M. manguillo, nuevas especies de Magnoliaceae del norte de Perú. *Brittonia*, 65(1), 106-112.
<https://doi.org/10.1007/s12228-012-9280-y>
- Marcelo-Peña, J. L., Santini, L., & Tomazello Filho, M. (2019). Wood anatomy and growth rate of seasonally dry tropical forest trees in the Marañón River Valley, northern Peru. *Dendrochronologia*, 55, 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2019.04.008>
- Mariod, A. A. (2016). Effect of essential oils on organoleptic (smell, taste, and texture) properties of food. En *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 131-137). Elsevier.
- Martínez, A. (1996). Aceites esenciales. *J. Nat. Prod*, 59(1), 77-79.
- Martínez Álvarez, Ó., Iriondo-DeHond, A., Gómez-Estaca, J., & Castillo, M. (2021). *Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario*.
- Martínez, M. J., Betancourt Badell, J., & Alonso González, N. (1996). Ausencia de actividad antimicrobiana de un extracto acuoso liofilizado de Aloe vera (sábila). *Revista cubana de plantas medicinales*, 1(3), 18-20.

- Marzo Rojas, I. (2010). *Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína.*
- Melo-Guerrero, M. C., Ortiz-Jurado, D. E., Hurtado-Benavides, A. M., Melo-Guerrero, M. C., Ortiz-Jurado, D. E., & Hurtado-Benavides, A. M. (2020). Comparación de la composición y de la actividad antioxidante del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos y otras técnicas verdes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 845-856.
<https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.862>
- Mendez, A. H. S., Cornejo, C. G. F., Coral, M. F. C., & Arnedo, M. C. A. (2017). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *Bursera graveolens* (Burseraceae) from Perú. *Indian J. Pharm. Educ. Res*, 51(3s2), s429-s436.
- Mesquita, J. M. O., Cavaleiro, C., Cunha, A. P., Lombardi, J. A., & Oliveira, A. B. (2005). Estudio comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 15, 6-12.
- Meyer Torres, G., Sarmiento, O. I., Ramírez, R. I., & Guevara, O. (2018). Evaluación del rendimiento del aceite esencial de caléndula (*Calendula officinalis* L) obtenido por OAH. *Revista ION*, 31(1), 13-19. <https://doi.org/10.18273/REVION.V31N1-2018002>
- Miguel, M. G. (2010). Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 291-312. <https://doi.org/10.1002/ffj.1961>
- Miladi, H., Mili, D., Slama, R. Ben, Zouari, S., Ammar, E., & Bakhrouf, A. (2016). Antibiofilm formation and anti-adhesive property of three mediterranean essential oils against a foodborne pathogen *Salmonella* strain. *Microbial pathogenesis*, 93, 22-31.
- Misharina, T. A., Terenina, M. B., & Krikunova, N. I. (2009). Antioxidant properties of essential oils. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 45(6), 642-647.
- Monzote, L., Scull, R., Cos, P., & Setzer, W. N. (2017). Essential oil from *Piper aduncum*: Chemical analysis, antimicrobial assessment, and literature review. *Medicines*, 4(3), 49.

- Morandim-Giannetti, A. de A., Pin, A. R., Santo Pietro, N. A., de Oliveira, H. C., Mendes-Giannini, M. J. S., Alecio, A. C., Kato, M. J., de Oliveira, J. E., & Furlan, M. (2010). Composition and antifungal activity against *Candida albicans*, *Candida parapsilosis*, *Candida krusei* and *Cryptococcus neoformans* of essential oils from leaves of *Piper* and *Peperomia* species. *Journal of Medicinal Plants Research*, 1810-1814.
- Moreno, J., López, G., & Jara, R. S. (2010). Modeling and optimization of extraction process of eucalyptus essential oil (*Eucalyptus globulus*). *Scientia agropecuaria*, 1(2), 147-154.
- Morshedloo, M. R., Quassinti, L., Bramucci, M., Lupidi, G., & Maggi, F. (2017). Chemical composition, antioxidant activity and cytotoxicity on tumour cells of the essential oil from flowers of *Magnolia grandiflora* cultivated in Iran. *Natural Product Research*, 31(24), 2857-2864. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1303699>
- Mossi, A. J., Pauletti, G. F., Rota, L., Echeverrigaray, S., Barros, I. B. I., Oliveira, J. V., Paroul, N., & Cansian, R. L. (2012). Efeito de diferentes níveis de calagem na produção de biomassa e no rendimento de extração de óleo essencial de *Cunila galioides* Benth. *Brazilian Journal of Biology*, 72, 787-793.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451-1474.
- Ochoa Pumaylle, K., Paredes Quiroz, L. R., Bejarano Luján, D. L., & Silva Paz, R. J. (2012). Extraction, characterization and evaluation of antibacterial activity of essential oil of *Senecio graveolens* Wedd (*Wiskataya*). *Scientia agropecuaria*, 3(4), 291-302. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.04.03>
- Oliveira, G. L., Cardoso, S. K., Lara Junior, C. R., Vieira, T. M., GUIMARÃES, E. F., Figueiredo, L. S., Martins, E. R., Moreira, D. L., & Kaplan, M. A. C. (2013). Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L.(Piperaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85, 1227-1234.

- Ono, M., Masuoka, C., Odake, Y., Ito, Y., & Nohara, T. (2000). Eudesmane derivatives from *Tessaria integrifolia*. *Phytochemistry*, 53(4), 479-484. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(99\)00580-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(99)00580-4)
- Ozdikmenli, S., & Zorba, N. N. D. (2015). Evaluation of usage of essential oils instead of spices in meat ball formulation for controlling Salmonella spp.: <http://dx.doi.org/10.1177/1082013215571118>, 22(2), 93-101. <https://doi.org/10.1177/1082013215571118>
- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Mata, D. S., & Villar, A. (2001). Lippia: Traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of ethnopharmacology*, 76(3), 201-214.
- Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Sant'Ana, A. S., Mousavi Khaneghah, A., Gavahian, M., Gómez, B., & Lorenzo, J. M. (2018). Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 113, 156-166. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.07.014>
- Peluso, G., De Feo, V., De Simone, F., Bresciano, E., & Vuotto, M. L. (1995). Studies on the Inhibitory Effects of Caffeoylquinic Acids on Monocyte Migration and Superoxide Ion Production. *Journal of Natural Products*, 58(5), 639-646. <https://doi.org/10.1021/np50119a001>
- Peña, J. L. M. (2008). Vegetación leñosa, endemismos y estado de conservación en los bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 15(1), 43-52. <https://doi.org/10.15381/rpb.v15i1.1669>
- Pereira, M. L., & Ramírez, B. D. G. (2021). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(1), 110-119. <https://doi.org/10.35454/RNCM.V4N1.202>
- Pérez López, L. A., de la Torre, Y. C., Cirio, A. T., de Torres, N. W., Flores Suárez, A. E., & Aranda, R. S. (2015). Essential oils from *Zanthoxylum fagara* Wild Lime, *Ruta chalepensis* L. and

- Thymus vulgaris L.: Composition and activity against Aedes aegypti larvae. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 28(5), 1911-1915. Scopus.
- Pérez-Serradilla, J. A., Japon-Lujan, R., & de Castro, M. L. (2007). Simultaneous microwave-assisted solid–liquid extraction of polar and nonpolar compounds from alperujo. *Analytica chimica acta*, 602(1), 82-88.
- Perigo, C. V., Torres, R. B., Bernacci, L. C., Guimaraes, E. F., Haber, L. L., Facanali, R., Vieira, M. A., Quecini, V., & Marques, M. O. M. (2016). The chemical composition and antibacterial activity of eleven Piper species from distinct rainforest areas in Southeastern Brazil. *Industrial crops and products*, 94, 528-539.
- Picard, G., Valadeau, C., Albán–Castillo, J., Rojas, R., Starr, J. R., Callejas-Posada, R., Bennett, S. A. L., & Arnason, J. T. (2014). Assessment of in vitro pharmacological effect of Neotropical Piperaceae in GABAergic bioassays in relation to plants traditionally used for folk illness by the Yanesha (Peru). *Journal of ethnopharmacology*, 155(3), 1500-1507.
- Pinheiro, C. G., Machado, C. M., Amaral, L. P., Silva, D. T., Almeida, C. A. A., Longhi, S. J., Mallmann, C. A., & Heinzmann, B. M. (2016). Seasonal variability of the essential oil of Hesperozygis ringens (Benth.) Epling. *Brazilian Journal of Biology*, 76, 176-184.
- Pino, J. A., Agüero, J., Marbot, R., & Fernandes, P. (2005). Composition of the essential oil of zanthoxylum fagara (L.) sargent. From Cuba. *Journal of Essential Oil Research*, 17(4), 413-414. Scopus. <https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9698947>
- Potzernheim, M., Bizzo, H. R., Agostini-Costa, T. S., Vieira, R. F., Carvalho-Cilva, M., & Gracindo, L. (2006). Chemical characterization of seven Piper species (Piperaceae) from Federal District, Brazil, based on volatile oil constituents. *Rev. Bras. Plantas Med*, 8, 10-12.
- Prieto, J. A., Patiño, O. J., Delgado, W. A., Moreno, J. P., & Cuca, L. E. (2011). Chemical composition, insecticidal, and antifungal activities of fruit essential oils of three Colombian Zanthoxylum species. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(1), 73-82. Scopus. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392011000100009>

- Proestos, C., Lytoudi, K., Mavromelanidou, O. K., Zoumpoulakis, P., & Sinanoglou, V. J. (2013). Antioxidant capacity of selected plant extracts and their essential oils. *Antioxidants*, 2(1), 11-22.
- Pumaylle, K. O., Quiroz, L. R. P., Luján, D. L. B., & Paz, R. J. S. (2012). Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya). *Scientia Agropecuaria*, 3(4), 291-302.
- Qarah, N. A. S., Basavaiah, K., & Abdulrahman, S. A. M. (2018). Spectrophotometric determination of ethionamide in pharmaceuticals using Folin–Ciocalteu reagent and iron(III)-ferricyanide as chromogenic agents. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2016.07.002>, 11(5), 718-728.
<https://doi.org/10.1016/J.JTUSCI.2016.07.002>
- Quijano-Abril, M. A., Callejas-Posada, R., & Miranda-Esquivel, D. R. (2006). Areas of endemism and distribution patterns for Neotropical *Piper* species (Piperaceae). *Journal of Biogeography*, 33(7), 1266-1278. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01501.x>
- Rakmai, J., Mejuto, J.-C., Sang, Y., Jafari, S. M., Xiao, J., & Simal-Gandara, J. (2021). Encapsulation of Essential Oils. En T. M. Ho, H. Yoshii, K. Terao, & B. R. Bhandari (Eds.), *Functionality of Cyclodextrins in Encapsulation for Food Applications* (pp. 115-135). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80056-7_7
- Ramirez, L. S., & Diaz, H. E. (2007). Actividad antibacteriana de extractos y fracciones del ruibarbo (*Rumex conglomeratus*). *Scientia et Technica*, 13(33), 397-400.
- Rao, B. R., Kaul, P., Syamasundar, K., & Ramesh, S. (2005). Chemical profiles of primary and secondary essential oils of palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats var. *Motia* Burk.). *Industrial Crops and Products*, 21(1), 121-127.
- Rassem, H. H., Nour, A. H., & Yunus, R. M. (2016). Techniques for extraction of essential oils from plants: A review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(16), 117-127.
- Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial crops and products*, 62, 250-264.

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Requelme Bautista, M. C. (2019). *Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de hojas de lantana camara (hierba de la maestranza) sobre staphylococcus aureus*.
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/25320>
- Requelme Bautista, M. C. (2020). EFECTO ANTIBACTERIANO IN VITRO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE HOJAS DE Lantana camara (hierba de la maestranza) SOBRE Staphylococcus aureus. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*.
- Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., de Melo, N. R., dos Santos, F. R., de Araújo Neves, I., de Carvalho, M. G., & Sanches-Silva, A. (2017). Biological activities and major components determination in essential oils intended for a biodegradable food packaging. *Industrial crops and products*, 97, 201-210.
- Ricaldi, J., & Martínez, A. (2014). Cromatografía de gases–espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de Satureja incana. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 04(02), 280-287. <https://doi.org/10.18259/acs.2014033>
- Richa, R., Kumar, R., Shukla, R. M., & Khan, K. (2020). Ultrasound assisted essential oil extraction technology: New boon in food industry. *SKUAST Journal of Research*, 22(2), 78-85.
- Rojas, R., Bustamante, B., Bauer, J., Fernández, I., Albán, J., & Lock, O. (2003a). Antimicrobial activity of selected Peruvian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 88(2-3), 199-204. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00212-5](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00212-5)
- Rojas, R., Bustamante, B., Bauer, J., Fernández, I., Albán, J., & Lock, O. (2003b). Antimicrobial activity of selected Peruvian medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, 88(2-3), 199-204.
- Ruiz, C., Díaz, C., & Rojas, R. (2015). Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(2), 81-94.

- Samain, M.-S., Mathieu, G., Wanke, S., Neinhuis, C., & Goetghebeur, P. (2008). Verhuellia Revisited-Unravelling Its Intricate Taxonomic History and a New Subfamilial Classification of Piperaceae. *Taxon*, 583-587.
- Sánchez-Tello, S., & Vásquez, C. (2011). *Zonas de vida de Cajamarca*. Cajamarca-Perú.
- Sánchez-Velásquez, L. R., Pineda-Lopez, M. del R., Vásquez-Morales, S. G., & Avendaño-Yáñez, M. de la L. (2016). Ecology and conservation of endangered species: The case of magnolias. *Endangered Species. USA: Nova Sciences Publishers, Inc*, 63-84.
- Santana, H. T., Trindade, F. T. T., STABELI RG, 4, Silva, A. A. E., Militão, J., & Facundo, V. A. (2015). Essential oils of leaves of Piper species display larvicidal activity against the dengue vector, Aedes aegypti (Diptera: Culicidae). *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 17(1), 105-111.
- Santos, N. O. dos, Pascon, R. C., Vallim, M. A., Figueiredo, C. R., Soares, M. G., Lago, J. H. G., & Sartorelli, P. (2016). Cytotoxic and antimicrobial constituents from the essential oil of Lippia alba (Verbenaceae). *Medicines*, 3(3), 22.
- Scherer, R., & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food chemistry*, 112(3), 654-658.
- Scott, I. M., Jensen, H. R., Philogène, B. J. R., & Arnason, J. T. (2007). A review of Piper spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochemistry Reviews*, 7(1), 65-75. <https://doi.org/10.1007/s11101-006-9058-5>
- Setzer, W. N., Park, G., Agius, B. R., Stokes, S. L., Walker, T. M., & Haber, W. A. (2008). Chemical Compositions and Biological Activities of Leaf Essential Oils of Twelve Species of Piper from Monteverde, Costa Rica. *Natural Product Communications*, 3(8), 1934578X0800300. <https://doi.org/10.1177/1934578X0800300823>
- Setzer, W. N., Schmidt, J. M., Eiter, L. C., & Haber, W. A. (2005a). The leaf oil composition of Zanthoxylum fagara (L.) Sarg. From Monteverde, Costa Rica, and its biological activities. *Journal of Essential Oil Research*, 17(3), 333-335.

- Setzer, W. N., Schmidt, J. M., Eiter, L. C., & Haber, W. A. (2005b). The Leaf Oil Composition of *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg. From Monteverde, Costa Rica, and its Biological Activities. *Journal of Essential Oil Research*, 17(3), 333-335.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9698923>
- Shen, Y., Li, C. G., Zhou, S.-F., Pang, E. C., Story, D. F., & Xue, C. C. (2008). Chemistry and bioactivity of Flos Magnoliae, a Chinese herb for rhinitis and sinusitis. *Current medicinal chemistry*, 15(16), 1616-1627.
- Silva, L. S., Mar, J. M., Azevedo, S. G., Rabelo, M. S., Bezerra, J. A., Campelo, P. H., Machado, M. B., Trovati, G., Dos Santos, A. L., Da Fonseca Filho, H. D., De Souza, T. P., & Sanches, E. A. (2019). Encapsulation of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* essential oils in gelatin nanoparticles: A possible sustainable control tool of *Aedes aegypti*, *Tetranychus urticae* and *Cerataphis lataniae*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 685-695.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.9233>
- Silva-Correa, C. R., Cruzado-Razco, J. L., González-Blas, M. V., García-Armas, J. M., Ruiz-Reyes, S. G., Villarreal-La Torre, V. E., & Gamarra-Sánchez, C. D. (2018). Identificación y determinación estructural de un sesquiterpeno de las hojas de *Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav. Y evaluación de su actividad leishmanicida. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 221-227.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3140>
- Sinche Ambrosio, C. M. (2020). *Unravelling the potential of citrus essential oils derived from citrus processing as an alternative antimicrobial feed additive in pigs*.
<https://doi.org/10.11606/T.11.2020.TDE-18052020-151325>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)

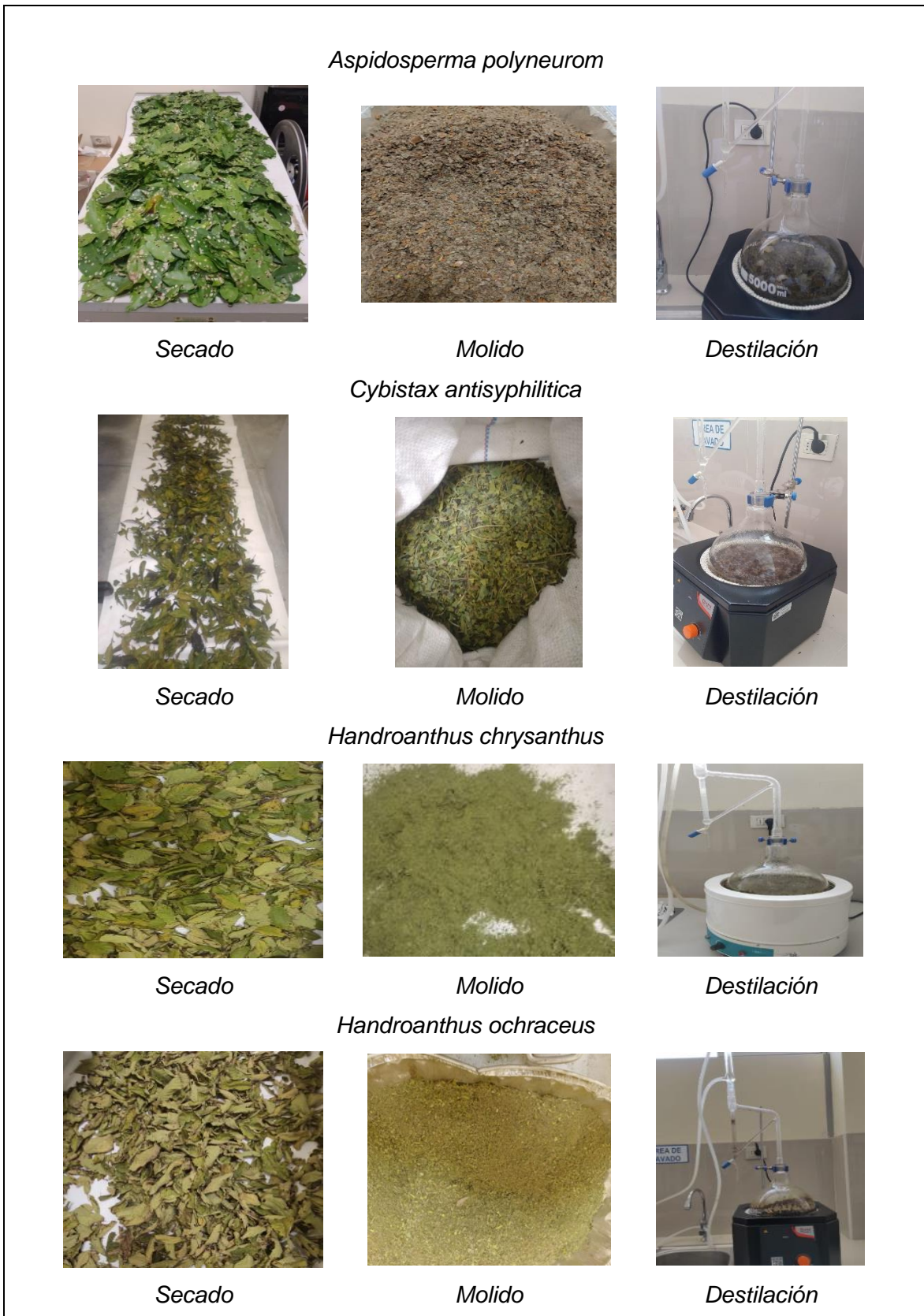
- Solís-Quispe, L., Pino, J. A., Falco, A. S., Tomaylla-Cruz, C., Quispe-Tonccochi, E. G., Solís-Quispe, J. A., Aragón-Alencastre, L. J., & Solís-Quispe, A. (2019). Chemical composition and antibacterial activities of essential oil from *Ageratina pentlandiana* (DC.) R.M. King & H. Rob. Leaves grown in the Peruvian Andes. <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1593891>, 31(5), 409-413.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1593891>
- Solis-Quispe, L., Solis-Quispe, J. A., Tomaylla-Cruz, C., Aragon-Alencastre, L. J., Rodríguez, J. L., & Pino, J. A. (2018). Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Essential Oil from *Hedeoma mandoniana* Grown in Cuzco: <https://doi.org/10.1177/1934578X1801301235>, 13(12), 1725-1726. <https://doi.org/10.1177/1934578X1801301235>
- Solis-Quispe, L., Tomaylla-Cruz, C., Callo-Choquelvica, Y., Solís-Quispe, A., Rodeiro, I., Hernández, I., Fernández, M. D., & Pino, J. A. (2015). Chemical composition, antioxidant and antiproliferative activities of essential oil from *Schinus areira* L. and *Minthostachys spicata* (Benth.) Epl. Grown in Cuzco, Peru. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2015.1120691>, 28(3), 234-240. <https://doi.org/10.1080/10412905.2015.1120691>
- Solorzano-Santos, F., & Miranda-Navales, M. G. (2012). Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. *Current opinion in biotechnology*, 23(2), 136-141.
- Sotelo Mendez, A. H., Figueroa Cornejo, C. G., Césare Coral, M. F., & Alegría Arnedo, M. C. (2017). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *bursera graveolens* (burseraceae) from Perú. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), S429-S436. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.3s.62>
- Starliper, C. E., Ketola, H. G., Noyes, A. D., Schill, W. B., Henson, F. G., Chalupnicki, M. A., & Dittman, D. E. (2015). An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas* spp. *Journal of advanced research*, 6(1), 89-97.
- Stevens, P. F. (2001). *Angiosperm Phylogeny Website. Version 12, July 2012 [and more or less continuously updated since]*.

- Stratakos, A. C., & Koidis, A. (2016). Chapter 4—Methods for Extracting Essential Oils. En V. R. Preedy (Ed.), *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 31-38). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00004-3>
- Szöllösi, R., & Varga, I. S. (2002). Total antioxidant power in some species of Labiatae (Adaptation of FRAP method). *Acta Biologica Szegediensis*, *46*(3-4), 125-127.
- Teles, S., Pereira, J. A., Santos, C. H. B., Menezes, R. V., Malheiro, R., Lucchese, A. M., & Silva, F. (2012). Geographical origin and drying methodology may affect the essential oil of *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown. *Industrial Crops and Products*, *37*(1), 247-252. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.12.029>
- Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L., & Mason, T. J. (2001). Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, *8*(2), 137-142.
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014a). Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of food science*, *79*(7), R1231-R1249.
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014b). Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science*, *79*(7). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Urbizu-González, A. L., Castillo-Ruiz, O., Martínez-Ávila, G. C. G., & Torres-Castillo, J. A. (2017). Natural variability of essential oil and antioxidants in the medicinal plant *Turnera diffusa*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, *10*(2), 121-125. <https://doi.org/10.1016/J.APJTM.2017.01.013>
- Usano-Aleman, J., Paúl, J. P., & Díaz, S. (2014). Aceites esenciales: Conceptos básicos y actividad antibacteriana. *REDUCA (Biología)*, *7*(2), 60-70.
- Vásquez-Ocmín, P. G., Cojean, S., Roumy, V., Marti, G., Pomel, S., Gadea, A., Leblanc, K., Dennemont, I., Ruiz-Vásquez, L., Ricopa Cotrina, H., Ruiz Mesia, W., Bertani, S., Ruiz Mesia, L., & Maciuk, A. (2023). Deciphering anti-infectious compounds from Peruvian





- medicinal Cordoncillos extract library through multiplexed assays and chemical profiling. *Frontiers in Pharmacology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1100542>
- Veien, N. K., & Krogdahl, A. (1991). Cutaneous vasculitis induced by food additives. *Acta dermatovenereologica*, 71(1), 73-74.
- Velázquez-Sámamo, G., Collado-Chagoya, R., Cruz-Pantoja, R. A., Velasco-Medina, A. A., & Rosales-Guevara, J. (2019). Hypersensitivity reactions to food additives Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *ergia M*, 66(3), 329-339.
- Venskutonis, P. R. (1997). Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *Food chemistry*, 59(2), 219-227.
- Vickers, N. J. (2017). Animal communication: When i'm calling you, will you answer too? *Current biology*, 27(14), R713-R715.
- Viuda-Martos, M., Ruiz Navajas, Y., Sánchez Zapata, E., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Antioxidant activity of essential oils of five spice plants widely used in a Mediterranean diet. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(1), 13-19. <https://doi.org/10.1002/ffj.1951>
- Yasunaka, K., Abe, F., Nagayama, A., Okabe, H., Lozada-Pérez, L., López-Villafranco, E., Muñiz, E., Aguilar, A., & Reyes-Chilpa, R. (2005). Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and purified coumarins and xanthones. *Journal of ethnopharmacology*, 97(2), 293-299.
- Yousefi, M., Rahimi-Nasrabadi, M., Pourmortazavi, S. M., Wysokowski, M., Jesionowski, T., Ehrlich, H., & Mirsadeghi, S. (2019). Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 182-193.
- Zeng, Z., Xie, R., Zhang, T., Zhang, H., & Chen, J. Y. (2011). Analysis of volatile compositions of *Magnolia biondii* pamp by steam distillation and headspace solid phase micro-extraction. *Journal of oleo science*, 60(12), 591-596.

VII. ANEXOS

Anexo 1 Procesamiento de las 30 especies vegetales del estudio



Anexo 1 Continuación

	<i>Croton adipatus</i> 	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Croton thurifer</i> 	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Luehea paniculata</i> 	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Magnolia jaenensis</i> 	
Secado	Molido	Destilación

Anexo 1 Continuación

Piper aduncum L.



Secado



Molido



Destilación

Piper amalago L.



Secado



Molido



Destilación

Cascabela thevetia (L.)



Secado



Molido



Destilación

Zanthoxylum rigidum



Secado











Molido



Destilación

Anexo 1 Continuación

	<i>Celtis loxencis</i>	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Cordia iguaguana</i>	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Tesaria integrifolia</i>	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Trema micranta</i>	
Secado	Molido	Destilación

Anexo 1 Continuación

Croton xanthochylus



Secado



Molido



Destilación

Muntinga cacabura



Secado



Molido



Destilación

Jatropha bumboldtiana



Secado



Molido



Destilación

Adenaria floribunda



Secado



Molido



Destilación

Anexo 1 Continuación

	<i>Cordia lutea</i>	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Magnolia manguillo</i>	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Jaquina mucronata</i>	
Secado	Molido	Destilación
	<i>Esenbeckia cornuta</i>	
Secado	Molido	Destilación

Anexo 1 Continuación



Anexo 1 Continuación

Guazuma ulmifolia



Secado



Molido



Destilación

Dictyoloma peruviana



Secado



Molido



Destilación

Anexo 2 Zonas de inhibición mediante el ensayo de Difusión en disco de los AE contra *S. aureus*, *Samonella Enteritidis* y *E. coli*

ACEITE	Estreptomisina(halo mm)		E. COLI (mm)		Estreptomisina(halo mm)		Salmonella (mm)		Estreptomisina(halo mm)		Staphylococcus (mm)				
<i>Llipia alba</i>	15	R1	7	6.67	7.02	15	R1	7	6.33	6.69	27	R1	7	6.67	15.67
			7					6					7		
			6					6					6		
	16	R2	8	6.73		19	R2	6	6.00		35	R2	35	25.33	
			6.1					6					35		
			6.1					6					6		
	22	R3	11	7.67		32	R3	11	7.73		35	R3	15	15.00	
			6					6.1					22		
			6					6.1					8		
<i>Piper amálogo</i>	17	R1	10	10.33	7.04	20	R1	11	7.67	6.60	30	R1	22	30.67	33.56
			15					6					35		
			6					6					35		
	19	R2	7	4.40		20	R2	6.2	6.13		35	R2	35	35.00	
			6.2					6					35		
			0					6					35		
	24	R3	7.1	6.40		21	R3	6	6.00		35	R3	35	35.00	
			6.1					6					35		
			6					6					35		
<i>Piper aduncun</i>	27	R1	6	6	6.11	16	R1	6	6.00	6.33	31	R1	6	6.00	6.00
			6					6					6		
			6					6					6		
	19	R2	7	6.33		21	R2	8	7.00		16	R2	6	6.00	
			6					7					6		
			6					6					6		
	20	R3	6	6		19	R3	6	6.00		22	R3	6	6.00	
			6					6					6		
			6					6					6		
<i>Zanthoxylum fagara</i>	24	R1	7.5	6.5	6.46	27	R1	11	8.67	6.89	16	R1	7.2	6.47	10.04
			6					9					6		
			6					6					6.2		
	21	R2	6.2	6.1		10	R2	6	6.00		16	R2	10	9.33	
			6.1					6					9		
			6					6					9		
	15	R3	7.1	6.77		24	R3	6	6.00		16	R3	16	14.33	
			7					6					16		
			6.2					6					11		

<i>Piper Glabriacum</i>	30	R1	6	6.00	6.06	22	R1	12	8.67	6.92	35	R1	35	35.00	15.89
			6					8					35		
			6					6					35		
	11	R2	6	6.00		16	R2	6	6.00		7	R2	7	6.67	
			6					6					6		
			6.3					6.1					6		
	18	R3	6.1	6.17		22	R3	6.2	6.10		6	R3	6	6.00	
			6.1					6					6		
			6					6					6		
<i>Esembekia cornuta</i>	17	R1	6.3	6.10	6.48	33	R1	18	16.67	10.92	21	R1	8	7.00	6.33
			6					22					7		
			6					10					6		
	16	R2	7	6.33		22	R2	11	7.73		6.1	R2	6	6.00	
			6					6.1					6		
			6					6.1					6		
	25	R3	9	7.00		17	R3	11	8.37		6.1	R3	6	6.00	
			6					6					6		
			6					6					6		
<i>Tesaria integrifolia</i>	13	R1	8	6.73	6.40	11	R1	7	6.67	7.47	35	R1	35	35.00	35.00
			6.1					7					35		
			6.1					6					35		
	15	R2	6.2	6.10		22	R2	6.2	6.40		7	R2	35	35.00	
			6.1					6					35		
			6					6					35		
	14	R3	7	6.37		18	R3	12	9.33		8	R3	35	35.00	
			6.1					8					35		
			6					8					35		
<i>Magnolia jaenensis</i>	20	R1	11	8.33	7.11	16	R1	11	7.67	6.56	35	R1	35	35.00	35.00
			7					6					35		
			7					6					35		
	16	R2	7	6.50		17	R2	6	6.00		6	R2	35	35.00	
			6.5					6					35		
			6					6					35		
	15	R3	7	6.50		17	R3	6	6.00		6	R3	35	35.00	
			6					6					35		
			6.5					6					35		
<i>Magnolia manguillo</i>	16	R1	8	6.67	6.24	11	R1	7	6.33	7.33	10	R1	7	7.33	6.49
			6					6					7		
			6					6					8		
	13	R2	6	6.00		12	R2	6	6.00		6	R2	6.1	6.10	
			6					6					6.1		
			6					6					6.1		
	15	R3	6.1	6.07		22	R3	6	9.67		13	R3	6.1	6.03	
			6.1					13					6		
			6					10					6		

Anexo 3 Comparación estacional de rendimientos de extracción de los AE seleccionados

Especie vegetal (Nombre Científico)	Rendimiento de extracción (mL)					
	1ra colecta (jul-sept 2023)			2da colecta (feb-mar 2024)		
	Época seca			Época lluviosa		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<i>Esembeckia cornuta</i>	0.04	0.04	0.35	0.50	0.40	0.50
<i>Lippia alba</i>	0.50	0.40	0.50	1.00	0.90	1.02
<i>Magnolia jaenensis</i>	0.10	0.10	0.10	0.30	0.28	0.30
<i>Magnolia manguillo</i>	0.40	0.40	0.37	0.20	0.20	0.19
<i>Piper aduncum</i>	1.04	1.00	1.08	2.00	1.94	2.10
<i>Piper amalago</i>	1.50	1.50	1.50	2.50	2.50	2.40
<i>Piper glabribaccum</i>	1.00	1.00	1.00	1.40	1.35	1.40
<i>Tessaria integrifolia</i>	0.10	0.10	0.09	0.90	0.80	0.90
<i>Zanthoxylum fagara</i>	4.50	4.30	4.60	2.80	2.85	2.65
<i>Croton thurifer</i>	0.10	0.09	0.10	-	-	-
<i>Croton adipatus</i>	0.06	0.07	0.06	-	-	-

Nota: R. Repetición

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Época de extracción	1	0.01176	0.01176	0.07	0.788
Error	16	2.51724	0.15733		
Total	17	2.529			

Anexo 4 Analisis de varianza y test de Tukey para los resultados del ensayo DPPH

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Cod muestra	8	376.467	47.0583	3025.18	0
Error	18	0.28	0.0156		
Total	26	376.747			

Medias

Código muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
EC-2	3	7.7217	0.0804	(7.5704; 7.8730)
LT-2	3	12.238	0.184	(12.087; 12.390)
MJ-2	3	8.613	0.21	(8.462; 8.765)
MM-2	3	7.88	0.1392	(7.7287; 8.0313)
PA-2	3	19.28	0.0866	(19.1287; 19.4313)
PAA-2	3	7.6133	0.0764	(7.4620; 7.7646)
PG-2	3	7.1967	0.0722	(7.0454; 7.3480)
TI-2	3	11.1217	0.101	(10.9704; 11.2730)
ZF-2	3	7.155	0.0866	(7.0037; 7.3063)

Desv.Est. agrupada = 0.124722

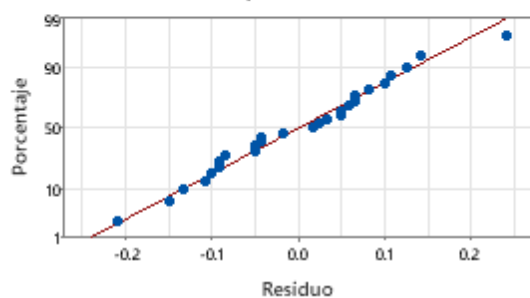
Método de Tukey (confianza de 95%)

Código Muestra	N	Media	Agrupación
PA-2	3	19.28	A
LT-2	3	12.238	B
TI-2	3	11.1217	C
MJ-2	3	8.613	D
MM-2	3	7.88	E
EC-2	3	7.7217	E
PAA-2	3	7.6133	E
PG-2	3	7.1967	F
ZF-2	3	7.155	F

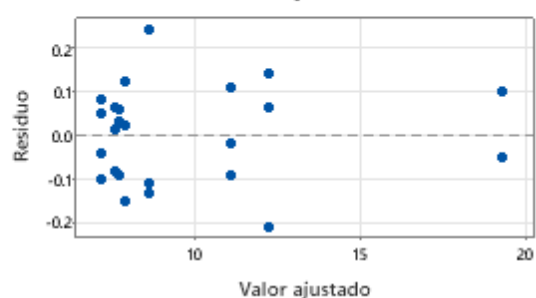
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráficas de residuos para DPPH

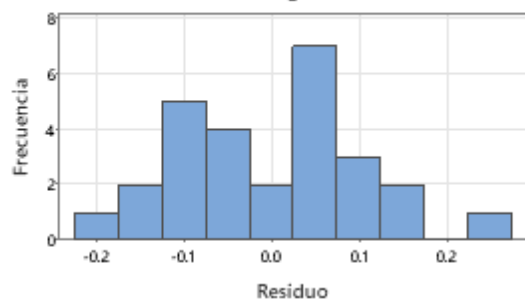
Gráfica de probabilidad normal



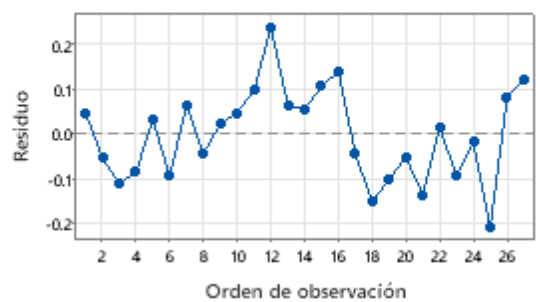
vs. ajustes



Histograma



vs. orden



Anexo 5 Analisis de varianza y test de Tukey para los resultados del ensayo FRAP

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Cod muestra	8	22234.4	2779.31	901.88	0
Error	18	55.5	3.08		
Total	26	22289.9			

Medias

Código muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
EC-2	3	39.39	2.03	(37.26; 41.52)
LT-2	3	57.64	2.29	(55.51; 59.77)
MJ-2	3	73.69	2.8	(71.56; 75.82)
MM-2	3	71.19	1.97	(69.06; 73.32)
PA-2	3	111.788	0.783	(109.658; 113.917)
PAA-2	3	22.588	1.549	(20.458; 24.717)
PG-2	3	64.988	0.811	(62.858; 67.117)
TI-2	3	104.637	1.291	(102.508; 106.767)
ZF-2	3	32.862	1.146	(30.733; 34.992)

Desv.Est. agrupada = 1.75547

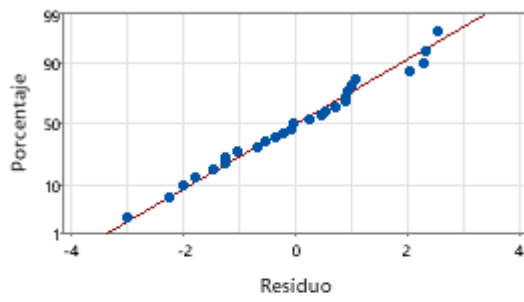
Método de Tukey (confianza de 95%)

Código muestra	N	Media	Agrupación
PA-2	3	111.788	A
TI-2	3	104.637	B
MJ-2	3	73.69	C
MM-2	3	71.19	C
PG-2	3	64.988	D
LT-2	3	57.64	E
EC-2	3	39.39	F
ZF-2	3	32.862	G
PAA-2	3	22.588	H

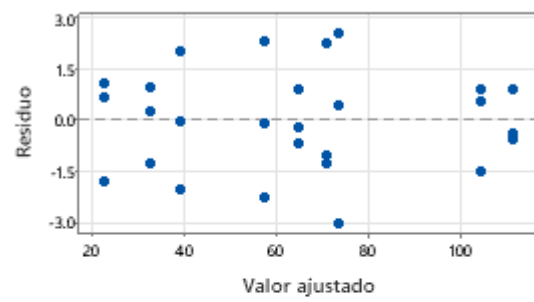
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Gráficas de residuos para FRAP

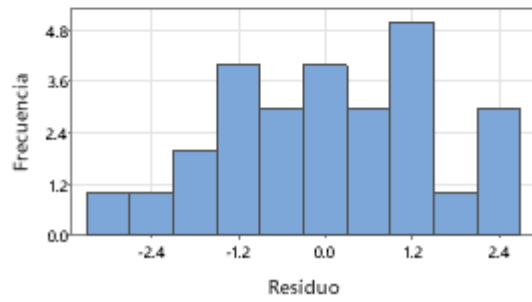
Gráfica de probabilidad normal



vs. ajustes



Histograma



vs. orden



Anexo 6 Analisis de varianza y test de Tukey para los resultados del ensayo ABTS

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Cod muestra	8	438.222	54.7777	1658.3	0
Error	18	0.595	0.033		
Total	26	438.816			

Medias

Código muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
EC-2	3	9.913	0.188	(9.693; 10.134)
LT-2	3	14.4133	0.1283	(14.1929; 14.6338)
MJ-2	3	16.43	0.1323	(16.2095; 16.6505)
MM-2	3	8.4383	0.101	(8.2179; 8.6588)
PA-2	3	19.0217	0.0878	(18.8012; 19.2421)
PAA-2	3	8.8633	0.1607	(8.6429; 9.0838)
PG-2	3	7.8633	0.101	(7.6429; 8.0838)
TI-2	3	15.1967	0.101	(14.9762; 15.4171)
ZF-2	3	7.863	0.405	(7.643; 8.084)

Desv.Est. agrupada = 0.181748

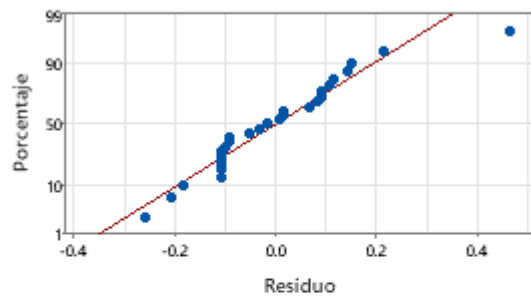
Método de Tukey (confianza de 95%)

Código muestra	N	Media	Agrupación
PA-2	3	19.0217	A
MJ-2	3	16.43	B
TI-2	3	15.1967	C
LT-2	3	14.4133	D
EC-2	3	9.913	E
PAA-2	3	8.8633	F
MM-2	3	8.4383	F
ZF-2	3	7.863	G
PG-2	3	7.8633	G

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráficas de residuos para ABTS

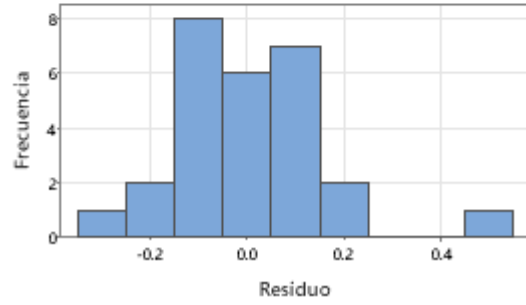
Gráfica de probabilidad normal



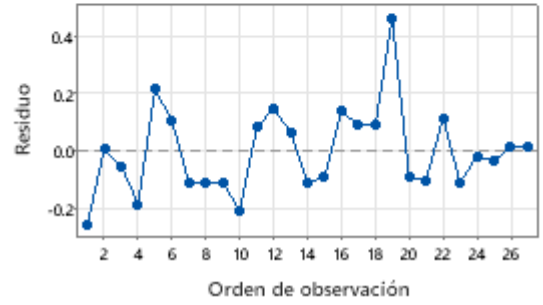
vs. ajustes



Histograma



vs. orden



Anexo 7 Analisis de varianza y test de Tukey para los resultados de compuestos fenólicos

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Cod muestra	8	32922.8	4115.36	3363.75	0
Error	18	22	1.22		
Total	26	32944.9			

Medias

Código muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
EC-2	3	67.742	1.08	(66.400; 69.083)
LT-2	3	72.69	1.89	(71.35; 74.03)
MJ-2	3	96.085	1.65	(94.743; 97.427)
MM-2	3	113.648	0.127	(112.307; 114.990)
PA-2	3	132.642	0.229	(131.300; 133.983)
PAA-2	3	50.105	0.77	(48.763; 51.447)
PG-2	3	86.808	1.684	(85.467; 88.150)
TI-2	3	159.335	0.191	(157.993; 160.677)
ZF-2	3	52.4883	0.0635	(51.1467; 53.8300)

Desv.Est. agrupada = 1.10609

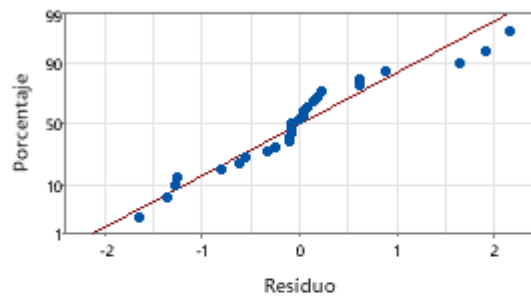
Método de Tukey (confianza de 95%)

Código muestra	N	Media	Agrupación
TI-2	3	159.335	A
PA-2	3	132.642	B
MM-2	3	113.648	C
MJ-2	3	96.085	D
PG-2	3	86.808	E
LT-2	3	72.69	F
EC-2	3	67.742	G
ZF-2	3	52.4883	H
PAA-2	3	50.105	H

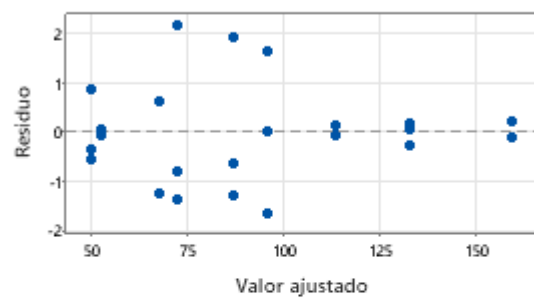
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráficas de residuos para FENOLES

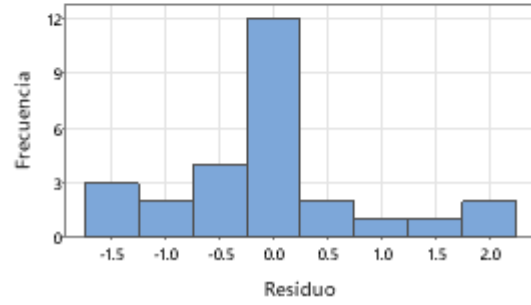
Gráfica de probabilidad normal



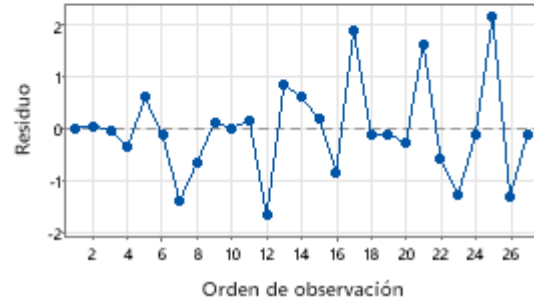
vs. ajustes



Histograma



vs. orden



Anexo 8 *Análisis de Componentes Principales para la actividad antioxidante de los AE*

Importancia de las componentes

	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4
Desviación estandar	2255.4	66.7	7.2	2.9
Proporción de varianza	0.967	0.029	0.003	0.001
Proporción acumulada	0.967	0.996	0.999	1

Muestran la varianza acumulada que explica cada componente

Vectores propios

Variable	PC1
FENOLES	0.773
ABTS	0.06
FRAP	0.63
DPPH	0.052

Muestran los coeficientes que permiten calcular el valor de la PC1

Anexo 9 *Análisis de Componentes Principales para la actividad antimicrobiana de los AE*

Importancia de las componentes

	Comp 1	Comp 2	Comp 3
Desviación estándar	946.22	58.27	15.26
Proporción de varianza	0.928	0.057	0.015
Proporción acumulada	0.928	0.985	1

Muestran la varianza acumulada que explica cada componente

Vectores propios

Variable	PC1
E. coli_PIR	0.086
Salmonella enteritidis_PIR	-0.006
S. aureus_PIR	0.996

Muestran los coeficientes que permiten calcular el valor de la PC1

Anexo 10 *Análisis de Componentes Principales para el rendimiento de extracción de los AE*

Importancia de las componentes

	Comp 1	Comp 2
Desviación estandar	0.2944	0.02025
Proporción de varianza	0.936	0.064
Proporción acumulada	0.936	1

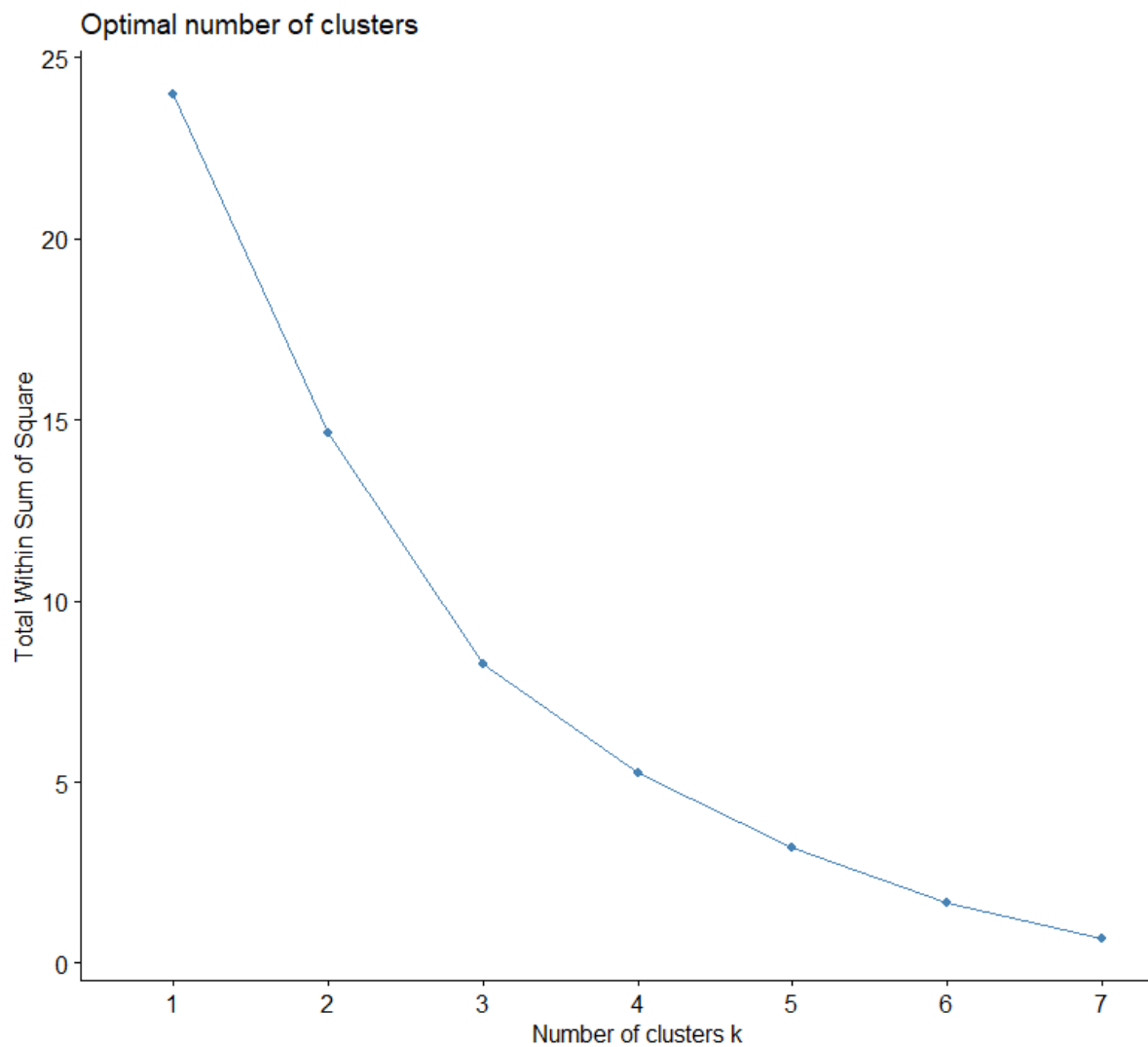
Muestran la varianza acumulada que explica cada componente

Vectores propios

Variable	PC1
Secano	0.839
Lluviosa	0.544

Muestran los coeficientes que permiten calcular el valor de la PC1

Anexo 11 Número de cluster óptimos para agrupar los AE según rendimiento, actividad antioxidante y actividad antimicrobiana



Anexo 12 *Análisis de Componentes Principales para el rendimiento de extracción de los AE*

Importancia de las componentes

	Comp 1	Comp 2	Comp 3
Desviacion estandar	1.2046	1.0016	0.7388
Proporcion de varianza	0.4837	0.3344	0.1819
Proporcion acumulada	0.4837	0.8181	1.0000

Anexo 13 Capacidad antioxidante de los AE seleccionados por los ensayos DPPH, FRAP, ABTS y contenido de compuestos fenólicos




CODIGO MUESTRA	NOMBRE CIENTIFICO	DPPH-R1	DPPH-R2	DPPH-R3	DPPH-PROMEDIO
ZF-2	Zhanthoxilum fagara	7.21	7.21	7.06	7.16
PA-2	Piper aduncum	19.23	19.38	19.23	19.28
MJ-2	Magnolia Jaenensis	8.51	8.86	8.48	8.61
PAA-2	Piper amalogo	7.53	7.68	7.63	7.61
EC-2	Esembekia cornuta	7.76	7.78	7.63	7.72
TI-2	Tesaria integrifolia	11.03	11.23	11.11	11.12
LT-2	Lippia alba	12.31	12.38	12.03	12.24
PG-2	Piper glabribacum	7.16	7.16	7.28	7.20
MM-2	Magnolia Manguillo	7.91	7.73	8.01	7.88

CODIGO MUESTRA	NOMBRE CIENTIFICO	FRAP-R1	FRAP-R2	FRAP-R3	FRAP-PROMEDIO
ZF-2	Zhanthoxilum fagara	33.86	33.11	31.61	32.86
PA-2	Piper aduncum	112.69	111.26	111.41	111.79
MJ-2	Magnolia Jaenensis	70.69	76.24	74.14	73.69
PAA-2	Piper amalogo	20.81	23.29	23.66	22.59
EC-2	Esembekia cornuta	39.34	41.44	37.39	39.39
TI-2	Tesaria integrifolia	105.19	103.16	105.56	104.64
LT-2	Lippia alba	55.39	59.96	57.56	57.64
PG-2	Piper glabribacum	64.31	64.76	65.89	64.99
MM-2	Magnolia Manguillo	69.94	70.16	73.46	71.19

CODIGO MUESTRA	NOMBRE CIENTIFICO	ABTS-R1	ABTS-R2	ABTS-R3	ABTS-PROMEDIO
ZF-2	Zhanthoxilum fagara	7.61	7.66	8.33	7.86
PA-2	Piper aduncum	19.03	19.11	18.93	19.02
MJ-2	Magnolia Jaenensis	16.38	16.58	16.33	16.43
PAA-2	Piper amalogo	8.68	8.93	8.98	8.86
EC-2	Esembekia cornuta	10.13	9.81	9.81	9.91
TI-2	Tesaria integrifolia	15.31	15.11	15.18	15.20
LT-2	Lippia alba	14.31	14.56	14.38	14.41
PG-2	Piper glabribacum	7.76	7.96	7.88	7.86
MM-2	Magnolia Manguillo	8.33	8.53	8.46	8.44

CODIGO MUESTRA	NOMBRE CIENTIFICO	FENOLES-R1	FENOLES-R2	FENOLES-R3	FENOLES-PROMEDIO
ZF-2	Zhanthoxilum fagara	52.525	52.525	52.415	52.49
PA-2	Piper aduncum	132.715	132.825	132.385	132.64
MJ-2	Magnolia Jaenensis	96.085	94.435	97.735	96.09
PAA-2	Piper amalogo	49.775	50.985	49.555	50.11
EC-2	Esembekia cornuta	68.365	68.365	66.495	67.74
TI-2	Tesaria integrifolia	159.225	159.555	159.225	159.34
LT-2	Lippia alba	71.335	71.885	74.855	72.69
PG-2	Piper glabribacum	86.185	88.715	85.525	86.81
MM-2	Magnolia Manguillo	113.795	113.575	113.575	113.65

Anexo 14 Resolución Administrativa N° D000122-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CAJAMARCA de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre con colecta.

		 <small>Formado digitalmente por ESTELA PEREZ Juan Agustin F&Uml;D000000007 v&uacute;l Cargo: Administrador Técnico F&uacute;l M&uacute;lido: 09/06/2022 11:22:03 -05:00</small>
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA		
Cajamarca, 17 de Junio del 2022		
RA N° D000122-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-CAJAMARCA		
VISTOS:		
La SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN CON FINES DE INVESTIGACIÓN DE FLORA SILVESTRE con colecta, fuera de Areas Naturales Protegidas, de fecha 31 de mayo de 2022 presentada por el Sr. LENIN QUIÑONES HUARATANGARI y el INFTEC N° D000077-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS- CAJAMARCA-LGP de fecha 15 de junio de 2022.		
CONSIDERANDO:		
Que, la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la nación, siendo por ese motivo responsabilidad del Estado promover el uso sostenible de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas a través de una legislación adecuada;		
Que La Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, tiene por objeto establecer el marco legal para regular, promover y supervisar la actividad forestal y de fauna silvestre. Dicha Ley, en su artículo 13 indica que el SERFOR es la Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, que ejerce competencias y funciones en el ámbito nacional, se sujeta al marco normativo sobre la materia y actúa en concordancia con las políticas, planes y objetivos nacionales, constituyéndose en el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre, y en su autoridad técnico normativa, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados al ámbito de su competencia. Hasta que los Gobiernos Regionales suscriban el acta de entrega y recepción y adecuen sus instrumentos institucionales y de gestión, a fin de ejercer las funciones transferidas previstas en los literales e) y q) del Artículo 51° de la ley N° 27867- Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales;		
Que, mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, se aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del SERFOR, el cual tiene entre sus funciones principales: a) Planificar, Ejecutar, Apoyar, Supervisar y Controlar, la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre; y b) Gestionar y promover el uso sostenible, la conservación y la protección de los recursos forestales y de fauna silvestre;		
Que, mediante Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI, de fecha 03 de septiembre de 2014, se modifica el Reglamento de Organización y Funciones del SERFOR, contemplando en la Primera Disposición Complementaria Transitoria que las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre se incorporan al SERFOR, como órganos desconcentrados de actuación local, siendo una de sus funciones; "Actuar como primera instancia en la gestión y administración de los recursos forestales y de fauna silvestre, dentro del ámbito territorial de su competencia y acorde a las atribuciones reconocidas";		
Que, conforme al Artículo 147° de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna, la Autoridad Regional Forestal y de Fauna Silvestre (.....) El SERFOR, como ente rector del SINAFOR, coordina con las autoridades que toman parte en el control y vigilancia forestal y de fauna silvestre, orienta las actividades y asegura la capacitación en materia forestal y de fauna silvestre de los integrantes del sistema.		
Que, el artículo 154°, del Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante		
<small>Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/ Clave: 4G5RX9L</small>		



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Decreto Supremo N° 018-2015- MINAGRI, en adelante "Reglamento", precisa que la investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país respecto de su patrimonio genético nativo. Dichas autorizaciones no requieren del pago de derecho de trámite.

Que, mediante solicitud registrada 31 de mayo de 2022 presentada por el Sr. **LENIN QUIÑONES HUARATANGARI**, docente asociado de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, requirió a la ATFFS CAJAMARCA, la autorización para realizar investigación científica de flora silvestre con colecta, fuera de Áreas Naturales Protegidas, en el proyecto de titulado "**Extracción , caracterización de la composición química y evaluación de las propiedades biológicas de aceites esenciales de especies vegetales de la Provincia de Jaén**" a realizarse en:

DISTRITO	PROVINCIA	ZONA	COORDENADAS	
			NORTE	ESTE
Jaén	Jaén	17	9372337	746293

Que el INFTEC N° D000077-2022-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS- CAJAMARCA-LGP de fecha 15 de junio de 2022, concluye que, la solicitud de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre con colecta del proyecto de titulado "**Extracción, caracterización de la composición química y evaluación de las propiedades biológicas de aceites esenciales de especies vegetales de la Provincia de Jaén**"; por el periodo entre 1 julio del 2022 hasta 30 de abril del 2023 fuera de Áreas Protegidas, cumple con las condiciones mínimas y los requisitos previstos en el numeral 7.2 de la evaluación de las condiciones y los requisitos para aprobación Resolución de Dirección Ejecutiva N°060-2016-SERFOR/DE (01/04/2016)

Que, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763 y su Reglamento para la Gestión Forestal aprobado mediante D. S. 018-2015-MINAGRI, y en uso de las facultades conferidas en la Primera Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: OTORGAR LA AUTORIZACIÓN CON FINES DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE FLORA SILVESTRE CON COLECTA, del proyecto titulado "**Extracción, caracterización de la composición química y evaluación de las propiedades biológicas de aceites esenciales de especies vegetales de la Provincia de Jaén**"; a realizarse en el Distrito y Provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; fuera de Áreas Naturales Protegidas, correspondiente al **Código de Autorización N° 06 -CAJ/AUT-IFL-2022-006**

ARTÍCULO 2°: En la referida autorización para realizar investigación científica de flora silvestre, con colecta, se le reconoce como **investigador principal** al Sr **LENIN QUIÑONES HUARATANGARI** con DNI 42821048 domiciliado en la Ca. Tupac Amaru N° 277 Sector Miraflores, del distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, Perú; Teléfono 978367265, Correo electrónico: lenin.quinones@unj.edu.pe

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2010-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 4G5RX9L



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Y a los Coinvestigadores:

NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	EMAIL	TELEFONO
Gilbert Rodríguez Paucar.	32958495	grodriguez@uns.edu.pe	943319868
Carmen Milagros Sinche Ambrosio.	46262310	carmen.sinche@upn.edu.pe	
Maria Alina Cueva Ríos.	19910857	alina.cueva25@gmail.com	943071031
Frank Fernández Rosillo.	44159014	frank_fernandez@unj.edu.pe	943071031
Carla Guianella Samaniego Lalangui.	74879761	Carla.samaniego@unj.edu.pe	946995855
Maria Araceli Chamba Elera.	40093366	miria.chamba@unj.edu.pe	959 073 319

ARTÍCULO 3°: La presente autorización incluye la colecta que a continuación se detalla:

N°	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD	FINALIDAD DE LA COLECTA
1	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
2	APOCYNACEAE	<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
3	APOCYNACEAE	<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
4	ASTERACEAE	<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
5	BIGNONIACEAE	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
6	BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
7	BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
8	CANNABACEAE	<i>Celtis loxensis</i> C.C.Berg	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
9	ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum dillonii</i> Plowman ex Jara	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Portal y de Firma Electrónica, aplicando lo dispuesto por el Art. 23 de D.S. 020-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 020-2013-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser corroboradas a través de la siguiente dirección web: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 4G5RX9L



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

10	EUPHORBIACEAE	<i>Croton adipatus</i> Kunth	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
11	EUPHORBIACEAE	<i>Croton thurifer</i> Kunth	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
12	EUPHORBIACEAE	<i>Croton xanthochylus</i> Croizat	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
13	EUPHORBIACEAE	<i>Ditaxis dioica</i> Kunth	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
14	EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha humboldtiana</i> McVaugh	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
15	LYTHRACEAE	<i>Adenaria floribunda</i> Kunth	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
16	LYTHRACEAE	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
17	MALVACEAE	<i>Luehea paniculata</i> Mart.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
18	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia jaenensis</i> Marcelo-Peña	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
19	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia manguillo</i> Marcelo-20Peña & F. Arroyo	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
20	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia sanchez-vegae</i> Marcelo-Peña	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
21	PIPERACEAE	<i>Piper aduncum</i> L.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
22	PIPERACEAE	<i>Piper amalago</i> L.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
23	PIPERACEAE	<i>Piper heterophyllum</i> Ruiz & Pav.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
24	RUTACEAE	<i>Amyris pinnata</i> Kunth	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
25	RUTACEAE	<i>Dictyoloma peruviana</i>	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
26	RUTACEAE	<i>Esenbeckia cornuta</i> Engl.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 4GSRX9L



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

27	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. subsp. <i>fagara</i>	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
28	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum maranonense</i> Reynel	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
29	RUTACEAE	<i>Zanthoxylum rigidum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
30	VERBENACEAE	<i>Lippia tayacajana</i> Moldenke	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
31	RUTACEAE	<i>Citrus bergamia</i>	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
32	LAURACEAE	<i>Laurus nobilis</i>	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
33	AMARANTHACEAE	<i>Henopodium ambrosioides</i>	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
34	LAMIACEAE	<i>Mentha spicata</i>	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización
35	SOLANACEAE	<i>Solanum quitoense</i>	Hojas	10 kg	Extracción de aceites para su caracterización

a efectuarse en el Distrito y Provincia de Jaen, departamento de Cajamarca; por el periodo entre el 1 de julio del 2022 hasta 30 de abril del 2023 fuera de Areas Protegidas.

ARTÍCULO 4°: El titular de la autorización se compromete a:

- No extraer especímenes, ni muestras biológicas de flora silvestre no autorizada, no ceder los mismos a terceras personas, ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.
- No contactar ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondiente.
- Retirar todo el material empleado para la ejecución del presente estudio una vez terminado el trabajo de campo y levantamiento de información biológica.
- Depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico, así como entregar a la **ATFFS Cajamarca la constancia de dicho depósito**. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares únicos, el depósito se podrá realizar en una institución distinta a la mencionada para ellos se requiere la autorización del SERFOR.
- Solo en el caso que por razones científicas acotadas se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, el interesado deberá gestionar el correspondiente permiso de exportación ante la Dirección General Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, así como pasar el control respectivo. Los ejemplares únicos de los grupos taxonómicos colectados y holotipos, solo podrán ser exportados en calidad de préstamo.
- Entregar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cajamarca, una (01) copia del informe final en idioma español (incluyendo versión digital) como

Esta es una copia autogenerada a partir de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 23 de D.S. 020-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2010-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser corroboradas a través de la siguiente dirección web: URL: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 4G5RX9L



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y /o slides que pueda ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.

- g. El informe Final deberá contener una lista taxonómica de las especies objeto de la presente autorización de colecta, en formato MS Excel. Esta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17.18 o 19). Asimismo, incluir los datos de colecta de cada espécimen. El Informe Final que debe ser usado se encuentra en el Anexo 1 de la presente resolución.
- h. El cumplimiento de lo señalado en el literal d) y g) no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización.
- i. Solicitar anticipadamente a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cajamarca y dentro del plazo de vigencia de la resolución, cualquier cambio en las características de la investigación aprobada, que demanden la modificación de la presente resolución.
- j. Indicar el número de la resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.

ARTÍCULO 5°: El titular del mencionado estudio deberá implementar todas las medidas de seguridad y eliminación de impactos que se puedan producir por las actividades propias de las actividades de la fase de campo, como toma de datos, tratamiento y transporte de muestras, transporte de equipos, personal, etc.

ARTÍCULO 6°: La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Cajamarca del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por el solicitante de la presente autorización durante la ejecución del Proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar del Proyecto de Investigación los cambios a que hubiese lugar en caso se formulen ajustes sobre la presente autorización.

ARTÍCULO 7°: Notificar al Sr. **LENIN QUIÑONES HUATANGARI** con DNI 42821048 domiciliado en Ca. Tupac Amaru N° 277 Sector Miraflores Distrito Jaén, Provincia Jaén, Departamento de Cajamarca, Teléfono 978367265, Correo electrónico lenin.quinones@unj.edu.pe, ; la presente resolución, y remitir una copia de la presente Resolución a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, para conocimiento y fines pertinentes.

ARTÍCULO 8°: Remitir copia de la presente Resolución a la Oficina de Servicios al Usuario y Trámite Documentario, para su custodia y Archivo en el repositorio digital.

ARTÍCULO 9°: Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: <https://www.gob.pe/serfor>

Regístrese y Comuníquese.

Documento firmado digitalmente

JUAN AGUSTIN ESTELA RUIZ
ADMINISTRADOR TECNICO FFS
ATFFS - CAJAMARCA

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 4G5RX9L