

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



TESIS:

**Caracterización física y química del aceite esencial de *Piper
elongatum* Vahl. de la provincia de Huamanga**

Para optar el título profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR:

Bach. Liz Soledad AGUERO ESCALANTE

ASESOR:

Dr. Marco Rolando ARONES JARA

AYACUCHO - PERÚ

2024

A mis padres y hermanos por brindarme su amor, su apoyo incondicional y por siempre motivarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Mi principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi *Alma Mater* Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a los docentes que laboran en ella, por su apoyo académico y moral quienes son forjadores de excelentes profesionales al servicio de la sociedad.

A la Facultad de Ciencias de la Salud, en especial a la Escuela de Formación Profesional de Farmacia y Bioquímica, a sus docentes por sus enseñanzas y orientaciones durante mi formación profesional.

Al Dr. Marco Arones Jara por brindarme su apoyo de asesoramiento durante el proceso de la tesis.

Asimismo, agradezco a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron en mi formación profesional.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	4
2.1.3. Antecedentes locales	5
2.2. Redacción del marco teórico	5
2.2.1. <i>Piper angustifolium</i> Lam.	5
2.2.2. Relación estructura actividad	8
2.2.3. Aceites esenciales	8
2.2.4. Extracción de aceites esenciales	9
2.2.5. Perfil químico de aceites esenciales	10
2.3. Marco conceptual	11
III. DISEÑO METODOLÓGICO	13
3.1. Ubicación	13
3.2. Tipo de investigación	13
3.3. Definición de la población y muestra	13
3.3.1. Unidad de análisis	13
3.3.1. Población	13
3.3.2. Muestra	13
3.4. Procedimiento para la recolección de datos	13
3.4.1. Recolección e identificación del material vegetal	13
3.4.2. Análisis de las hojas	14
3.4.3. Análisis del aceite esencial	15
3.6. Diseño de investigación	18
3.7. Análisis de datos	18

IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES	35
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
IX. ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Parámetros para el análisis por cromatografía gaseosa	16
Tabla 2.	Características fisicoquímicas de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.	21
Tabla 3.	Características organolépticas y fisicoquímicas del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.	22
Tabla 4.	Compuestos químicos identificados en el aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.	23
Tabla 5.	Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ilustración de <i>Piper elongatum</i> Vahl.	05
Figura 2. Cromatograma del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Identificación taxonómica de <i>Piper elongatum</i> Vahl.	43
Anexo 2. Localización geográfica del lugar de recolección de material vegetal.	44
Anexo 3. Galería de fotos.	45
Anexo 4. Matriz de definición y operacionalización de variables.	46
Anexo 5. Matriz de consistencia.	47

RESUMEN

Piper elongatum Vahl., conocido por sus usos medicinales, es una planta ampliamente distribuida en la región de Huamanga. Este estudio tuvo como objetivo principal determinar las características físicas y la composición química del aceite esencial obtenido de sus hojas. Se recolectaron 20 kg de hojas maduras del anexo de Chacco, distrito de Quinua, provincia de Huamanga en Ayacucho, que fueron secadas ligeramente antes de ser sometidas a hidrodestilación para la extracción del aceite esencial. Las características físicas de las hojas incluyeron el contenido de humedad y cenizas. Las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial incluyeron la medición de la densidad, índice de refracción y ángulo de rotación. El perfil químico del aceite fue analizado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). La evaluación del contenido fenólico total se realizó por el método de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante se realizó utilizando los ensayos DPPH y ABTS. Los análisis fisicoquímicos revelaron que el aceite esencial tiene una densidad de 1,1040 g/mL, un índice de refracción de 1,5204, y un ángulo de rotación de $-7,383^\circ$. El perfil químico estuvo dominado por el apiol (97,9%), seguido por el hexadecano (1,4%) y el cariofileno (0,6%). Además, se observó un contenido moderado de compuestos fenólicos (3,31 mg GAE/g) y una actividad antioxidante significativa, aunque menor que la del Trolox ($p < 0,05$). Estos resultados sugieren que el aceite esencial de *Piper elongatum* tiene un alto potencial para aplicaciones terapéuticas, debido a su composición química, dominada por el apiol, y su moderada actividad antioxidante.

Palabras clave. *Piper elongatum*, aceite esencial, apiol, actividad antioxidante, GC-MS.

ABSTRACT

Piper elongatum Vahl., known for its medicinal uses, is a plant widely distributed in the Huamanga region. The primary objective of this study was to determine the physical characteristics and chemical composition of the essential oil obtained from its leaves. A total of 20 kg of mature leaves were collected from the Chacco annex, Quinua district, Huamanga province in Ayacucho, which were lightly dried before being subjected to hydrodistillation for essential oil extraction. The physical characteristics of the leaves included moisture and ash content. The physicochemical properties of the essential oil included the measurement of density, refractive index, and optical rotation. The chemical profile of the oil was analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The total phenolic content was evaluated using the Folin-Ciocalteu method, and antioxidant activity was assessed using DPPH and ABTS assays. Physicochemical analyses revealed that the essential oil has a density of 1.1040 g/mL, a refractive index of 1.5204, and an optical rotation of -7.383° . The chemical profile was dominated by apiol (97.9%), followed by hexadecane (1.4%) and caryophyllene (0.6%). Additionally, a moderate phenolic content (3.31 mg GAE/g) and significant antioxidant activity, though lower than that of Trolox ($p < 0.05$), were observed. These results suggest that *Piper elongatum* essential oil has high potential for therapeutic applications, due to its chemical composition, dominated by apiol, and its moderate antioxidant activity.

Keywords. *Piper elongatum*, essential oil, apiol, antioxidant activity, GC-MS.

I. INTRODUCCIÓN

Piper elongatum Vahl. (sin.= *Piper aduncum*) es una especie vegetal originaria de Perú y ampliamente distribuida en la serranía y los valles interandinos desde Bolivia hasta Chile.¹ Además, crece en regiones tropicales como América del Sur y Central, Asia y las islas del Océano Pacífico.²

Piper elongatum Vahl. se propaga mediante semillas y crece usualmente en huertos y jardines en las regiones cálidas.³ En la provincia de Huamanga en la región de Ayacucho en Perú es ampliamente distribuida y crece en la zona urbana, en huertos y áreas verdes públicas; asimismo, es cultivada en los valles interandinos para su comercialización.

Piper elongatum Vahl. contiene células ricas en aceites esenciales en todos sus órganos, los cuales se utilizan en medicina. En la medicina tradicional de la provincia de Huamanga se usa por sus propiedades antiinflamatorias; además se usa para lavados externos con cocimientos, también se utilizan directamente sobre las heridas y llagas espolvoreando las hojas secas y molidas.³ En otros lugares, se utiliza la decocción para la desinfección externa de heridas y llagas,¹ como cicatrizante en el tratamiento de hemorragias, en lavados antisépticos sobre heridas, y en infusión para evacuar cálculos biliares. También se emplea para aliviar o curar enfermedades del tracto respiratorio, dolencias gástricas e intestinales, y tópicamente en infusión de las hojas para hacer gárgaras,⁴ tratar úlceras crónicas y como repelente.⁵

Se han reportado sendas investigaciones sobre la actividad biológica del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl., entre ellos, efecto insecticida, larvicida, leishmanicida, molusquicida, actividades antibacterianas y antifúngicas⁶.

El aceite esencial, *Piper elongatum* Vahl. contiene ácidos benzóicos, dillapiol, adunchalcona,² linalol,⁵ alcanfor, canfeno, isoborneol, cariofileno, miristicina,¹ entre otros. Estos reportes evidencian una variabilidad de su composición cuali-cuantitativa, originando la existencia de quimiotipos, condicionados por las

condiciones geográfica del lugar de crecimiento.⁵⁻⁹ Asimismo, se ha evidenciado variabilidad en el rendimiento del aceite esenciales.^{4,8,10}

Los estudios moleculares han demostrado una amplia variabilidad dentro de esta especie, principalmente debido a su distribución y, probablemente, a su sistema biológico reproductivo. Algunos investigadores han planteado la hipótesis de que la variación química del aceite esencial de *P. aduncum* está formada básicamente por dos quimiotipos, uno que produce el fenilpropanoide dillapiol y otro, generando los terpenos (E)-nerolidol y linalol.⁵

Actualmente, en nuestra región, el estudio del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. se ha limitado a evaluar el efecto antibacteriano, más no evaluar sus características físicas ni químicas, menos la composición química.

La caracterización física y químicas de las drogas vegetales, así como, de sus componentes extractivos permite el mejor aprovechamiento de los recursos vegetales, ya sea a nivel terapéutico como comercial.

Por tales consideraciones, este estudio se planteó los siguientes objetivos:

Objetivos generales

Determinar las características físicas y la composición química del aceite esencial obtenido de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga.

Objetivos específicos

- a. Evaluar las características físicas de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.
- b. Evaluar las características organolépticas del aceite esencial obtenido de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga.
- c. Evaluar las características fisicoquímicas del aceite esencial obtenido de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga.
- d. Evaluar el perfil químico del aceite esencial obtenido de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.
- e. Evaluar el contenido de fenoles y actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Bosquioli et al.,² en el 2015, informaron sobre la “actividad *in vitro* anti-Leishmania infantum del aceite esencial de *Piper angustifolium*”, de la subregión Abobral del Pantanal de Mato Grosso do Sul en Brasil. Este estudio demuestra la primera actividad antileishmanial *in vitro* del aceite esencial (AE) de *P. angustifolium*, cuyo perfil fitoquímico mostró la presencia de sesquiterpenos y monoterpenos. Los principales compuestos fueron espatolufenol (23,8%) y óxido de cariofileno (13,1%). El AE se extrajo por destilación en un aparato de Clevenger, obteniendo un rendimiento de 0,41%.

Oliveira et al.,⁶ en el 2013, reportaron la investigación sobre el crecimiento y análisis de aceites esenciales de *Piper aduncum* de dos sitios del bioma Cerrado del estado de Minas Gerais, Brasil. El objetivo fue evaluar el crecimiento y analizar la composición química de los AE de hojas de *P. aduncum* recolectadas en dos sitios diferentes de Cerrado, así como en plantas cultivadas. La composición de los AE de *P. aduncum* de Bocaiuva no difirió entre plantas silvestres y cultivadas, ya que la sustancia principal identificada como 1,8-cineol. Las plantas del sitio de Montes Claros mostraron una concentración distinta para las dos muestras, siendo la principal sustancia caracterizada como transocimeno (13,4%) para plantas silvestres y 1,8-cineol (31,3%) para plantas cultivadas.

Potzernheim et al.,⁵ en el 2012, informaron sobre la “caracterización química de los constituyentes del aceite esencial de cuatro poblaciones de *Piper aduncum* L. del Distrito Federal, Brasil. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la variabilidad del aceite esencial de las hojas de cuatro poblaciones de *P. aduncum*. El AE se obtuvo por hidrodestilación y se analizó mediante GC-FID y GC-MS. El rendimiento de AE osciló entre 0,7% y 1,3%. Las poblaciones individuales recolectadas en Brazlândia y Parque do Guará tenían perfiles químicos similares,

a pesar de la distancia geográfica entre las localidades. Los constituyentes principales en ambas poblaciones fueron terpineol y piperitona. La composición del AE de la población de *P. aduncum* de Córrego Bananal difirió de las demás poblaciones y la composición química de los individuos formó dos grupos. El AE de un grupo estaba dominado por trans-b-ocimeno, biciclogermacreno, safrol y sarisan, mientras que el otro grupo contenía un alto contenido de β -felandreno, trans- β -ocimeno, piperitona, γ -terpineno y 4-terpineol. La población de la hacienda Água Limpa mostró una composición de AE única siendo la única con alto contenido de dillapiol.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Díaz,⁸ en el 2018, reportó los resultados del análisis de los AE de interés económico presentes en las tres especies del género *Piper* (*P. aduncum*, *P. glabribaccum* y *P. reticulatum*) procedentes del departamento de Junín en la selva central del Perú. Determinó que el rendimiento de AE es mayor cuando el grado de trituración de las hojas es de "Tamaño 1" (de 1 cm a 2,5 cm) para las tres especies estudiadas; el AE varía en las tres especies, siendo el de la especie *P. aduncum* L. más densa que el agua, además la densidad relativa aumenta conforme el grado de trituración de las hojas; el índice de refracción varía para las tres especies y no está influenciado por el grado de trituración de las hojas; el principal componente del AE de la especie *P. aduncum* es la miristicina (91,6%); los principales componentes del AE de la especie *P. glabribaccum* son β -cariofileno (17,2%), germacreno-B (14,4%), germacreno-D (8,7%), β -elemeno (7,4%) y β -pineno (7,3%); los principales componentes del AE de la especie *P. reticulatum* son β -elemeno (35,2%), α -felandreno (10,6%) y germacreno-D (7,6%).

Moroco,¹⁰ en el 2017, reportó la investigación sobre el análisis de los componentes del AE de *Piper aduncum* procedentes de la región Puno, mediante GC-MSM, obteniendo como componentes mayoritarios el eucaliptol (49,96%), asarone (20,78%), 1,6-cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8- (7,11%), y bicyclo (7.2.0) undec-4ene, 4,11,11-trimethyl (4,15%). Asimismo, el AE presentó un índice de refracción de 1,4872, densidad de 0,9278 g/mL a 20 °C, pH de 5,15 y viscosidad de 4,69 cP a 4,96 cP.

Flores et al.,⁴ en el 2016; informaron la investigación sobre la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Piper aduncum* ("matico"), procedente de Puerto Bermúdez (Provincia de Oxapampa, departamento de Pasco), en el que

obtuvieron 3,0 mL de AE de 250 g de hojas y determinaron que el AE no posee actividad antibacteriana frente a *E. coli* mediante la técnica de Kirby-Bauer.

2.1.3. Antecedentes locales

Rodríguez-Lizana et al.,¹¹ en el 2020, reportaron el estudio que evaluó la efectividad del extracto crudo etanólico de *Piper elongatum* (Matico) en el tratamiento de la cervicitis en mujeres en edad fértil y concluyeron que el extracto de matico tiene una actividad biocida efectiva en el tratamiento de la cervicitis.

Martínez,¹² el 2016, informó su investigación que se centró en formular un jabón utilizando extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper elongatum* Vahl., conocido por sus propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antioxidantes. Concluyó que los análisis fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos indicaron que el jabón con un 2% de extracto fue el más efectivo, seguido del de 4%. Además, se observó que los compuestos fenólicos se mantuvieron estables a 30°C, lo que sugirió la necesidad de conservantes y excipientes para optimizar la formulación.

2.2. Redacción del marco teórico

2.2.1. *Piper angustifolium* Lam.

2.2.1.1. Clasificación taxonómica y descripción botánica

Piper angustifolium Lam., pertenece a la Familia Piperaceae, Género *Piper* (sin. = *Piper aduncum* L.),² popularmente conocida como "matico".

Es una planta arbustiva de flores bisexuales, aclamídeas o desnudas, protegidas únicamente por una pequeña bráctea y dispuestas en espigas densas terminales. Androceo, formado de dos estambres. Gineceo de ovario súpero, uniflocular, con un solo óvulo ortótropo. Las hojas simples opuestas con los nervios resaltantes por el envés, sin estípulas. Fruto baya drupiforme.³ Las semillas poseen perisperma y endosperma. Con un embrión muy pequeño. Su propagación es mediante semilla y crece usualmente en regiones cálidas y templadas.³



Figura 1. Ilustración de *Piper elongatum* Vahl..

2.2.1.2. Usos tradicionales

Piper angustifolium se ha utilizado comúnmente en el tratamiento de lesiones cutáneas asociadas a leishmaniasis, pero hay pocos estudios sobre la actividad contra especies asociadas a leishmaniasis visceral.¹

En todos los órganos se hallan células ricas en aceites que se emplean como medicinas. Posee propiedades antiinflamatorias; además se usa para lavados externos con cocimientos cargados, también se utilizan directamente sobre las heridas y llagas espolvoreando las hojas secas y molidas.³

Las hojas y ramas tiernas en infusión se emplean en la Amazonía peruana como un tónico para mitigar la fiebre, inflamaciones, afecciones urinarias, amigdalitis, cistitis, diarreas y estreñimiento; también como diurético.¹⁰

Es utilizado en la medicina tradicional como digestivo y contra la gripe, dolores de estómago, úlceras crónicas y también como repelente de insectos.⁵

Sus hojas se utilizan en medicina popular para el tratamiento de estomatitis, vaginitis, erisipela y trastornos hepáticos o como medicina antiséptica, antidiarreica, tónica, astringente, antirreumática y también como repelente de insectos. Además, ha sido de uso común en el tratamiento de lesiones cutáneas asociadas a leishmaniasis, lo que motivó el desarrollo de algunos trabajos sobre especies de *Leishmania* asociadas a esta forma clínica de la enfermedad.²

La medicina tradicional le atribuye propiedades variadas. Las hojas en decocción se usan como cicatrizante en el tratamiento de hemorragias, en lavados antisépticos sobre heridas y en infusión para evacuar cálculos biliares, para aliviar o curar enfermedades del tracto respiratorio (antiinflamatorio, expectorante y antitusígeno), en dolencias gástricas e intestinales ("empacho", diarreas agudas o crónicas) y tópicamente en infusión de las hojas para hacer gárgaras. En la selva lluviosa amazónica los nativos la usan como antiséptico. En Perú fue utilizado para contener hemorragias y tratar úlceras y en Europa se ha usado para el tratamiento de los órganos genitales y afecciones renales. Es usada como emoliente y protector de la piel comercializado en forma de jabón antiséptico.⁴

2.2.1.3. Composición química del aceite esencial

El aceite esencial de *P. aduncum* es predominantemente rico en dillapiol, cuyo rendimiento puede variar del 1,2% al 3,4%,⁹ aunque se han reportado otros quimiotipos con predominio de linalool.⁵

Se han identificado diversas clases de compuestos en especies de *Piper*, entre los cuales se encuentran algunos con actividad antileishmanial, como los ácidos

benzoicos, dillapiol y adunchalcona. Además, en los últimos años, los aceites esenciales de estas plantas han ganado relevancia como un foco clave en la búsqueda de nuevas alternativas terapéuticas contra parásitos.²

Desde una perspectiva química, diversos estudios han identificado los componentes principales del aceite esencial de *P. aduncum* y sus variedades recolectadas en diferentes regiones del mundo. Smith et al. (1979) encontraron que el aceite destilado de hojas frescas en las Islas Fiji contenía principalmente dillapiol (58%) y piperitona (4%). Gottlieb et al. (1981) analizaron variedades brasileñas, hallando dillapiol en concentraciones del 74,5% al 88,4%. Gupta et al. (1983) estudiaron la planta en Panamá, descubriendo que el dillapiol representaba el 90% del aceite esencial, sin encontrar piperitona. El aceite esencial de cuatro variedades en la región amazónica también mostró dillapiol como componente principal, aunque en un rango menor (3,4% a 12%). Finalmente, Díaz et al. (1984) identificaron dillapiol, miristicina y piperitona como los principales constituyentes en plantas recolectadas en Colombia.⁷

2.2.1.3. Características físicoquímicas del aceite esencial

Al respecto se ha reportado un porcentaje de extracción de 0,8%, obtenido por hidrodestilación de hojas frescas y con propiedades de índice de refracción igual a 1,5040 y densidad de 0,9796 g/mL. La extracción de los constituyentes volátiles de hojas y espigas de *P. aduncum* procedentes de Costa Rica, utilizando la técnica de hidrodestilación en hojas y espigas, tuvo un rendimiento entre 0,4 y 1,3% de aceite, presentándose la mayor cantidad en sus espigas, los valores de las propiedades fueron un índice de refracción entre 1,506 y 1,516 y una densidad entre 1.020 y 1.050 g/mL.⁷

2.2.1.4. Actividad farmacológica

Esta planta de la familia Piperaceae ha sido utilizada medicinalmente para tratar diversas enfermedades y se destaca por sus propiedades insecticidas, larvicidas, leishmanicidas, molusquicidas, además de sus actividades antibacterianas, antifúngicas,⁶ actividad antileishmaniásicas,²

Los principales componentes del aceite esencial de *P. aduncum* tienen diversas propiedades. El apiol es irritante y puede causar daño hepático y renal en altas dosis, mientras que la miristicina es insecticida y acaricida. Otros componentes como la piperitona, germacreno D, y cariofileno tienen propiedades antisépticas, fungicidas, y plaguicidas, entre otras.⁸

Se ha documentado los usos medicinales populares de *P. aduncum* en América, donde se emplea como astringente, digestivo, diurético, hemostático y para tratar diversas afecciones, como hemorroides y gonorrea. En Brasil, además, se utiliza contra la diarrea, disentería, dolores de muela, y como carminativo y antiulceroso.⁷ El aceite esencial de *P. aduncum* ha mostrado actividad antimicrobiana contra varias bacterias y hongos, aunque es menos efectivo contra *Aspergillus flavus* y *Trichophyton mentagrophytes*. Además, el compuesto 2,6-dihidroxi-4-metoxichalcona inhibió significativamente el crecimiento de *Leishmania amazonensis*.⁷

2.2.2. Relación estructura actividad

Respecto a la variabilidad de la composición química, diversos estudios han determinado que la composición cuali-cuantitativa del AE de *P. angustifolium* varía según la procedencia de la especie, dada las diferentes condiciones geográficas, edáficas y climatológicas. Almeida et al.⁵ han planteado la hipótesis de que la variación química del aceite esencial de *P. aduncum* está formada básicamente por dos quimiotipos, uno de origen amazónico, que produce el fenilpropanoide dillapiol, mientras que el segundo de la Mata Atlántica está formado por la vía mevalonato/acetato, generando los terpenos (E)-nerolidol y linalol.⁵

2.2.3. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos aceitosos volátiles y aromáticos que se extraen de materiales vegetales (hojas, raíces, flores, cáscaras, cortezas, semillas, ramitas, etc.) y están formados por diferentes compuestos químicos. Las plantas producen aceites esenciales para protegerse de factores inevitables como la luz solar, la contaminación y la desnutrición y producen aromas únicos para atraer insectos para la polinización.¹³

Los aceites esenciales a menudo se conocen como la fuerza vital de las plantas. Los aceites esenciales no contienen ningún químico, sino que solo contiene la esencia de la planta. Durante siglos, se han utilizado en la industria cosmética, alimentaria, de perfumería y medicinal. Al principio, los aceites esenciales se usaban como medicinas, pero luego se dieron a conocer por sus aplicaciones de aroma y sabor. Los aceites esenciales suelen ser incoloros cuando están frescos, pero con el tiempo pueden oxidarse, lo que puede provocar un cambio de color.¹³ Por lo tanto, los aceites esenciales deben almacenarse preferentemente en recipientes de vidrio color ámbar. Se conocen 3000 aceites esenciales, mientras que solo 300 se utilizan con fines comerciales. Los isoprenoides son un grupo

diverso de productos químicos naturales con numerosas aplicaciones bioactivas y comerciales.¹³

El ensamblaje biosintético y la adaptación de sus andamios se componen en última instancia de dos C₅ bloques de construcción de hemiterpeno, les da sus variadas estructuras. La lógica modular de estos sistemas se puede utilizar para impulsar valiosos isoprenoides en una variedad de huéspedes y para crear nuevos productos químicos. Este proceso con frecuencia se ve favorecido por la promiscuidad del sustrato o del producto de las enzimas componentes, que se puede utilizar para producir nuevos isoprenoides. Los bloques de construcción universales de isopreno C₅ son la fuente de todos los terpenoides.¹³

El esqueleto terpenoide está formado por dos precursores: IPP (pirofosfato de isopentenilo) y pirofosfato de dimetilalilo, y su isómero (DMAPP). La biosíntesis de terpenos es un proceso complicado. La vía del mevalonato citosólico (MVA) se encuentra en la mayoría de los eucariotas (todos los mamíferos, el citosol y las mitocondrias de las plantas, los hongos), las arqueas y algunas bacterias. Se utilizan en la producción de compuestos más grandes, como sesquiterpenos (C₁₅), triterpenos (C₃₀), esteroides (C₂₇₋₂₉) y dolicoles (C₄₀₋₅₀).¹³

2.2.4. Extracción de aceites esenciales

La 7ª edición de la Farmacopea Europea,¹⁴ define los aceites esenciales como “productos aromáticos con una mezcla de compuestos derivados de materia prima vegetal, separados por vapor, destilación en seco o por una técnica mecánica adecuada sin calentamiento”.

El aceite esencial se separa de la fase líquida sin cambiar su composición química por métodos físicos. Las plantas a base de hierbas son muy importantes ya que la mayoría de la población depende de los productos de estas plantas (aceites esenciales). Los productos de estas plantas se utilizan en alimentos, artículos cosméticos y en el campo médico, etc.¹⁵ Se utilizan varias técnicas de extracción para la extracción de aceite esencial (AE) de varias partes de plantas medicinales, como cortezas, cáscaras, hojas, brotes, semillas, flores, etc.¹⁶

Los métodos utilizados para extraer el aceite esencial de estas plantas son; destilación al vapor (SD), extracción asistida por solventes, hidrodestilación (HD), extracción asistida por ultrasonidos, extracción con fluidos supercríticos y extracción por microondas sin solventes.¹⁷ Los métodos convencionales de extracción de aceites esenciales tienen un menor rendimiento y eficiencia y un mayor tiempo de extracción que los métodos no convencionales, como la

extracción asistida por microondas y la extracción asistida por ultrasonidos. Sin embargo, todavía se utilizan para la extracción de aceites esenciales en la actualidad. Los métodos no convencionales producen un mayor rendimiento, requieren un bajo costo y tienen un tiempo de extracción relativamente corto.¹⁸

Se han realizado diversos estudios sobre los métodos de extracción de aceite de plantas aromáticas y medicinales. Afzal et al.,¹⁹ desarrolló una destilería solar híbrida para extraer aceite de hojas de menta y eucalipto. También se adjuntó un sistema de biomasa secundaria para satisfacer la demanda de energía durante la temporada de lluvias y las horas nocturnas.¹⁹ Munir et al.,²⁰ obtuvieron aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas por sistema de destilación de vapor solar (SSDS). Nazem et al.,²¹ aplicaron hidrodestilación para extraer aceites esenciales de la especie *Mentha* (menta) y evaluó el rendimiento del aceite esencial, el contenido fenólico y la composición del aceite esencial.

2.2.5. Perfil químico de aceites esenciales

Los aceites esenciales son complejas mezclas multicomponentes de metabolitos secundarios de naturaleza volátil y de aroma característico, constituidas principalmente por monoterpenos, sesquiterpenos, terpenos oxigenados y moléculas orgánicas, las cuales son biosintetizadas por las plantas como sistema de comunicación, señalización y defensa química de la planta con su entorno (interacción planta-planta, planta – insecto, planta- patógeno); debido a ello, los aceites esenciales presentan un amplio rango de actividad biológica: antioxidantes,²² antiviral, antibacteriano, antifúngico,²³ antitumoral,²⁴ bioinsecticida,²⁵ y por tanto son de importancia para la industria farmacéutica, alimentaria, perfumería, agricultura, veterinaria y química fina.

Las propiedades biológicas de los aceites esenciales y el direccionamiento de su aplicación a diferentes industrias, está en relación directa a su composición química.

La técnica de cromatografía gaseosa acoplada espectrometría de masas (GC-MS), es considerada la técnica de elección para este propósito debido a su capacidad de analizar compuestos volátiles de bajo peso molecular.

Se han llevado a cabo múltiples investigaciones para la identificación de los metabolitos secundarios presentes en los aceites esenciales de hojas, frutos, semillas y rizomas de diferentes especies vegetales y algas.²⁵⁻²⁸ Esta técnica ha sido empleada también para la identificación de los compuestos volátiles sintetizados por rizo bacterias en su interacción con las plantas;²⁹ así como, de los

compuestos volátiles presentes para recabar información útil.³⁰ Así mismo se han estructurado metodologías que incluyen la combinación de técnicas como el desarrollo de la técnica de DPPH- GC-MS , para la identificación directa y posterior aislamiento de los metabolitos con capacidad antioxidante presentes en los aceites esenciales.³¹

La técnica de GC- MS, es tan versátil que ha sido empleada para la identificación de moléculas volátiles, insecticidas, lípidos, contaminantes ambientales, tóxicos e incluso armas químicas.³² GC -MS es una de las técnicas más estandarizadas y eficientes en metabolómica de plantas.³³ El análisis metabolómico basado en GC-MS es la técnica ideal para la identificación y cuantificación de metabolitos de pequeña masa molecular,^{34,35} caracterizada por su elevada sensibilidad y reproducibilidad. Esta técnica cuenta con protocolos estandarizados para el análisis metabolómico de una amplia gama de moléculas, con al menos 50 años de experiencia y cuenta con una amplia librería espectral para la interpretación de los espectros de masas y la identificación de moléculas. Así mismo, la ionización electrónica conlleva a la formación de complejos patrones de fragmentación, dicha información recabada en librerías puede ser empleada para mejorar la especificidad de la identificación.³⁴

Por tanto, en este estudio se pretende emplear esta técnica para la bioprospección de plantas productoras de aceites esenciales con capacidad antioxidante y antimicrobiana, para dirigir su uso a la industria farmacéutica y alimentaria.

2.3. Marco conceptual

Densidad a 20°C de un AE. Es la relación entre el peso (masa) de un volumen dado de AE y su volumen, determinados a 20°C y se expresa en gramos por mililitro y su símbolo es ρ_{20} .⁸

Índice de refracción. Es la relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso de longitud de onda determinada, que pasa al aceite esencial mantenido a temperatura constante.⁸

Desviación polarimétrica de un AE. Es el ángulo sobre el cual gira el plano de polarización de la luz cuando esta atraviesa cierto espesor de AE en condiciones determinadas. Por convención se mide a través de un espesor de 1 dm o a través de un espesor diferente convertido a 1 dm; dicha desviación se expresa en grados y minutos, temperatura conocida, generalmente 20°C y en relación a una longitud de onda de luz señalada.⁸

Poder rotatorio específico de un AE. Es igual al ángulo sobre el cual rotaría el plano de polarización de la luz si esta atravesara un espesor de 1 dm de una solución convencional de AE que contuviera 1 g de sustancia activa por mililitro. Se expresa en grados y minutos, a una temperatura conocida, generalmente 20°C y con relación a una longitud de onda señalada.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

El presente estudio se realizó en los laboratorios del Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fitomedicamentos (CEDACMEF) de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es básica,³⁶ ya que está orientado a describir las características del aceite esencial obtenido de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.

3.3. Definición de la población y muestra

3.3.1. Unidad de análisis

Hojas de *Piper elongatum* Vahl.

3.3.1. Población

Hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga.

3.3.2. Muestra

20 kilos de hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho.

3.4. Procedimiento para la recolección de datos

3.4.1. Recolección e identificación del material vegetal

Los ejemplares de *Piper elongatum* Vahl. cultivadas fueron recolectados durante el mes de abril en el anexo de Chacco del distrito de Quinoa de la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho en Perú. Las coordenadas geográficas corresponden a 13°05'39" latitud sur, 74°12'58" longitud oeste y una altitud de 2,462 msnm (Anexo 2).

Se confeccionó un herbario del material vegetal y el cual fue remitido al Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su identificación.

Se recolectaron 20 Kg de hojas maduras de individuos en estado de floración. Se seleccionaron las hojas no dañadas, las cuales se lavaron y orearon bajo la sombra por tres días. Transcurrido el tiempo, las hojas fueron embaladas, codificadas y trasladadas al laboratorio de Tecnología de Productos Naturales del CEDACMEF. Se disminuyó manualmente el tamaño de las hojas entre 2 a 3 cm con la finalidad de aumentar la superficie de contacto y de esta manera favorecer la salida del aceite.^{4,8}

3.4.2. Análisis de las hojas

El análisis de las hojas se realizó según las pautas de la Farmacopea Europea versión 10.0.³⁷

a. Materias extrañas. A 500 g de hojas se le examinó la cantidad de materias extrañas mediante inspección a simple vista, se pesó y calculó el porcentaje presente.³⁷

b. Humedad. Se determinó en una termobalanza OHAUS 290, a una temperatura de secado de 100 °C en rampa y la humedad se determinó con un punto de variabilidad de peso de 1 mg/ 30 seg.

c. Cenizas totales. Aproximadamente 1,0 g del polvo de hojas se acondicionó en un crisol previamente tarado. Previamente se quemó hasta calcinación y luego fue colocado en un horno de mufla a 600 °C ± 25 °C por cinco horas. Se retiró el crisol con las cenizas del horno de mufla y se dejó enfriar en un desecador hasta obtener un peso constante. El porcentaje de cenizas se calculó mediante el diferencial de pesos.³⁷

d. Determinación del rendimiento de AE. Se determinó mediante hidrodestilación en un Aparato de Clevenger para aceites esenciales pesados,³⁷ provisto de un balón de un litro, un refrigerante y una manta de calentamiento (Anexo 3). Se midió y acondicionó 200 g de hojas en un balón de 5 L, al cual se le adicionó 1000 mL de agua destilada. El balón se adaptó al equipo de Clevenger, el cual se colocó en una manta de calentamiento. La destilación se realizó durante 4 horas a 70°C. Una vez culminada la destilación se procedió a medir el volumen de AE obtenido. Se adicionó sulfato de sodio anhidro al AE para eliminar el agua residual.⁸ El AE fue almacenado en un frasco ámbar a -8°C hasta su análisis.²

El rendimiento obtenido se calculó mediante la siguiente ecuación:⁸

$$\text{Rendimiento (\%)} = [(\text{Masa de AE (g)}) \times (\text{Masa seca de muestra})] \times 100$$

3.4.3. Análisis del aceite esencial

Para la evaluación de los parámetros físicos, el AE fue extraído por arrastre de vapor utilizando un destilador de arrastre de vapor (Figura 2).¹⁴

3.4.3.1. Obtención del AE por destilación por arrastre de vapor

Se midió 10 Kg de hojas y colocó en el destilador.

La destilación se realizó durante 1 hora. El vapor fue suministrado por un caldero de vapor. El destilado se recibió en un florentino y se trasvasó a una pera de decantación. Se dejó reposar hasta la formación de dos fases, una fase orgánica en la base correspondiente al AE y la fase acuosa superior, debido a que el AE tiene mayor densidad.^{8,9} El AE se recuperó y se le adicionó sulfato de sodio anhidro para eliminar el agua residual.⁸ El AE fue almacenado en un frasco ámbar a -8°C hasta su análisis.²



Figura 2. Destilador de arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales.

3.5.4.1. Análisis organoléptico

El análisis organoléptico incluyó la medición del aspecto, color y olor.¹⁴

3.5.4.2. Análisis físico

a. Densidad. Se midió según la Norma Técnica Peruana (NTP 319.075: 1974)⁸ por triplicado. Para ello, se utilizará un picnómetro para pesar volúmenes iguales del AE a 20°C. La densidad se calculó mediante la siguiente fórmula:

La densidad ρ^{20} en gramos por mililitro es:

$$\rho_{20}(\text{g/mL}) = [0,99718] \times [(P_2 - P)/(P_1 - P)]$$

La densidad relativa ρ_{20}^{20} es:

$$\rho_{20}^{20} = [0,99718] \times [(P_2 - P)/(P_1 - P)]$$

Donde: P es el peso (g) del picnómetro; P_1 es el peso (g) del picnómetro lleno de agua a 20°C; P_2 es el peso (g) del picnómetro lleno de AE a 20°C.

b. Índice de refracción. Se midió según la Norma Técnica Peruana (NTP 319.075: 1974)⁸. Se midió el ángulo de refracción del aceite esencial mantenido a condiciones de transferencia e isotropismo siendo la longitud de onda de la luz de 589,3 nm, que corresponde a la línea D del sodio y siendo la temperatura de 20°C. El índice de refracción se midió con un refractómetro de mesa. Efectuada la lectura se procedió a expresar los resultados.

Sea $n_D^{t'}$ el valor de la lectura a la temperatura t' , el índice de refracción n_D^t a la temperatura de referencia t , es dado por la siguiente fórmula:

$$n_D^{t'} = n_D^t + a \times (t' - t)$$

En general y salvo indicaciones contrarias, se menciona que $a = 0,0004$.

El índice de refracción del aceite esencial se expresó por un número de cuatro decimales por triplicado.

c. Índice de rotación. Se midió según la Norma Técnica Peruana (NTP 319.075: 1974)⁸. Se midió la rotación del plano de polarización de la luz, a una longitud de onda definida, al atravesar un espesor determinado de AE. Se midió la desviación polarimétrica y el poder rotatorio específico del AE usando un polarímetro.

Desviación polarimétrica del AE:

$$\alpha_D^{20^\circ\text{C}} = A/l$$

Donde: A es el ángulo observado y expresado en grados y l es el espesor del AE expresado en decímetros.

Poder rotatorio específico del AE:

$$[\alpha]_D^{20^\circ\text{C}} = A \times V/l \times P$$

Donde: A es el ángulo de rotación observado expresado en grados; l es el espesor atravesado en decímetros; V es el volumen de la solución en milímetros y P es el peso de la sustancia disuelta en gramos.

3.5.4.3. Análisis químico

El AE fue analizado en un equipo GC-MS Thermo Fisher (GC TRACE ULTRA, el mismo que cuenta con un sistema de ionización electrónica y analizador de trampa de iones. Se utilizó una columna TR-5MS 30 m x 0,25 mm ID x 0,25, empleando como gas carrier helio. Los parámetros de corrida fueron; 1 µL de muestra de aceite esencial (1:50 en n-hexano), modo Split, solvente hexano, y método en rampa (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros para el análisis por cromatografía gaseosa

	Tasa de incremento (°C/min)	Temperatura (°C)	Tiempo de espera (min)
Inicial		60	3
Rampa 1	15	150	15
Rampa 2	10	200	5

La identificación cualitativa fue realizada en base al índice de retención y al espectro de masas obtenido. La cuantificación relativa de los componentes identificados se realizó mediante la evaluación del área de los picos obtenidos. La identificación se realizó por comparación de espectros de masas, empleando NIST Library an GC-MSM-DB-Public Kovasts RI Library y se realizó la cuantificación relativa.

3.5.4.4. Contenido de fenoles totales

El análisis de fenoles totales se realizó empleando el reactivo de Folin-Ciocalteu.³⁸ Para ello, se preparó una solución de aceite esencial (AE) disolviendo 500 mg de AE en 5 mL de metanol en un matraz de 10 mL. La mezcla fue agitada en un vortex durante 10 minutos y luego se completó con metanol hasta alcanzar el volumen final. Para llevar a cabo la reacción, se utilizaron 500 µL de la solución de AE, que se mezclaron con 500 µL de reactivo de Folin diluido (1:10) y 400 µL de carbonato de sodio al 7,5%. Posteriormente, la mezcla se dejó reposar por 30 minutos antes de medir la absorbancia a 765 nm. La concentración de fenoles totales (TPC) se determinó utilizando una curva estándar de ácido gálico ($y = 0,0189x - 0,0083$; $R^2 = 0,9992$) y se expresó como microgramos equivalentes de ácido gálico por gramo de AE.

3.5.4.5. Actividad antioxidante

Método del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH).^{38,39} Se pesaron 500 mg de aceite esencial y se añadieron 2 mL de metanol, agitando la mezcla en un vortex durante 20 minutos. Luego, se completó el volumen a 5 mL con metanol. A partir de esta solución se prepararon diluciones de 10 a 100 mg/mL en metanol. Se midió 300 µL de de cada dilución de AE y se mezclaron con 270 µL de una solución de DPPH (40 µg/mL en metanol), dejándola reposar durante 30 minutos. Después de este tiempo, se midió la absorbancia a 515 nm, utilizando metanol para calibrar el espectrofotómetro. Paralelamente, se prepararon y midieron las absorbancias de un blanco (300 µL de solución de AE + 270 µL de metanol) y un control (300 µL de metanol y 270 µL de DPPH). El porcentaje de actividad antioxidante (AA%) se calculó usando la siguiente ecuación:

$$AA(\%) = [(A_c - (A_m - A_b)) / (A_c)] \times 100$$

Donde A_c es la absorbancia debida al control; A_m es la absorbancia debida a la solución de AE y A_b es la absorbancia del control.

También se calculó la concentración eficiente antioxidante (CE50), a partir de la ecuación de la recta ($y = -0,0004x + 92,713$; $R^2 = 0,9986$), de la variación de la concentración remanente de DPPH en función de la concentración.

Método del ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS^{•+})).²⁴

Se pesaron 750 mg de aceite esencial (AE) y se agregaron 2 mL de metanol en una fiola de 5 mL, agitándose en un vortex durante 20 minutos antes de completar el volumen con metanol. A partir de esta solución se prepararon diluciones de 10 a 100 mg/mL en metanol. Para la reacción, se tomaron 300 µL de cada dilución de AE y se añadieron 3 mL de reactivo ABTS^{•+} diluido. La mezcla se agitó nuevamente en un vortex y se dejó reposar durante 5 minutos en oscuridad. Posteriormente, se midió la absorbancia de la solución a 734 nm, utilizando metanol para calibrar el espectrofotómetro. Paralelamente, se prepararon y midieron las absorbancias de un blanco (300 µL de solución de AE más 3 mL de metanol) y un control (300 µL de metanol y 3 mL de ABTS^{•+}). El porcentaje de actividad antioxidante (AA%) se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$AA(\%) = [(A_c - (A_m - A_b)) / (A_c)] \times 100$$

Donde A_c es la absorbancia debida al control; A_m es la absorbancia debida a la solución de AE y A_b es la absorbancia del control.

También se calculó la CE50 a partir de la ecuación de la recta ($y = 0,0003x + 1,54$; $R^2 = 0,999$) de la variación de la AA(%) en función de la concentración.

3.6. Diseño de investigación

Para la evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las hojas y aceite esencial se usó un diseño de investigación no experimental de tipo transeccional descriptivo.⁴⁰ La propuesta de diseño es:

G O

Donde G es la hoja y/o aceite esencial y O es la observación.

Para evaluación de la actividad antioxidante se usó un diseño experimental con posprueba únicamente y grupo control. La propuesta de diseño es:

G	X	O
G	-	O

Donde G es la solución de DPPH (40 µg/mL); X es la solución de aceite esencial en metanol; - es el control (metanol) y O es la medida de absorbancia.

3.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos se expresan en forma de medias y desviación estándar de tres repeticiones. Los resultados se presentan mediante tablas y figuras.⁴⁰

IV. RESULTADOS

Tabla 2. Características fisicoquímicas de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.

Parámetro	Hojas
Humedad (%)	71,37 ± 0,596
Cenizas (%)	8,32 ± 0,347
Rendimiento (%)	0,36 ± 0,003

Tabla 3. Características organolépticas y fisicoquímicas del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.

Características organolépticas		
Color	Olor	Sabor
Amarillento cristalino	Intenso picante	Astringente
Características fisicoquímicas		
Densidad (g/mL)	Índice de refracción	Ángulo de rotación (°)
1,1040 ± 0,001	1,5204 ± 0,00003	-7,383 ± 0,017

Tabla 4. Compuestos químicos identificados en el aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.

N°	Tiempo de retención (min)	Compuesto	Abundancia relativa (%)
1	18,2053	Cariofileno	0,6
2	20,5943	Hexadecano	1,4
3	28,3529	Apiol	97,9
4	29,8102	n.i.	0,1

Nota: n.i.: no identificado

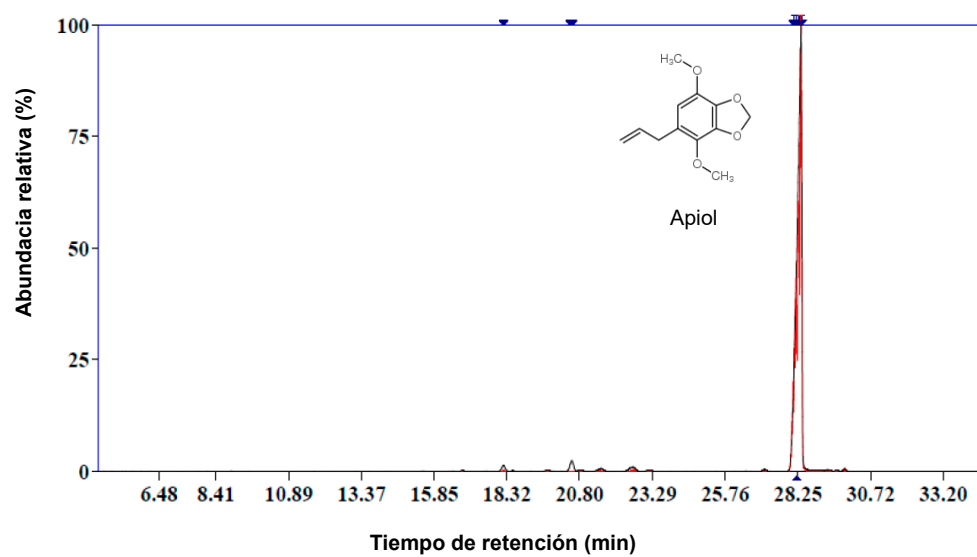


Figura 2. Cromatograma GC-MS del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.

Tabla 5. Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. procedente de la provincia de Huamanga.

TPC	DPPH		ABTS^{•+}	
mg GAE/g	AA (%)	CE50 (mg/mL)	AA (%)	CE50 (mg/mL)
3,31 ± 0,01	22,2 ± 0,16	108,8 ± 0,59	19,5 ± 0,14	139,4 ± 1,20

Nota: AA es la actividad antioxidante a 50 mg/mL. CE50 es la concentración eficiente antioxidante. CE50 de Trolox es 52,7 ± 0,20 µg/mL* (DPPH) y 150,6 ± 0,80 µg/mL (ABTS)

V. DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presenta los resultados relacionados con las características fisicoquímicas de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. provenientes de la provincia de Huamanga en el contexto del primer objetivo específico, que es evaluar las características físicas de las hojas. Respecto a la humedad el valor fue de $71,37 \pm 0,596\%$, que representa un alto porcentaje de humedad, ya que la obtención del aceite esencial (AE) se obtuvo por arrastre de vapor se realizó a los dos días de la recolección de las hojas, lo que justifica el alto contenido de humedad. Este proceso permite aprovechar las hojas en un estado relativamente fresco, lo cual puede ser beneficioso para la extracción de compuestos volátiles que podrían degradarse o perderse si el material vegetal se deshidrata demasiado. Además, la alta humedad puede facilitar el proceso de arrastre de vapor, ya que el agua en las hojas puede contribuir al vapor durante la extracción, mejorando la eficiencia del proceso.

El contenido de cenizas es de $8,32 \pm 0,347\%$, que indica la cantidad de minerales y compuestos inorgánicos presentes en las hojas después de la combustión completa, es un valor significativo, lo que sugiere una buena concentración de minerales. Este dato es importante porque indica la riqueza mineral del material vegetal y puede ser útil para valorar su potencial uso en aplicaciones donde los minerales son deseados.

El rendimiento en AE fue de $0,36 \pm 0,003\%$, que indica que, por cada 100 gramos de hojas, se obtienen aproximadamente 0,36 gramos de AE. Este rendimiento es típico de muchas plantas aromáticas y es un dato importante para la viabilidad económica de la extracción del aceite esencial y aunque no es extremadamente alto, es razonable y sugiere que la extracción del AE es viable y podría ser optimizada para obtener mayores cantidades.

Según Potzernheim et al.,⁵ el rendimiento del AE de *Piper aduncum* en diferentes poblaciones del Distrito Federal de Brasil varió entre 0,7% y 1,3%. Díaz,⁸ también

reportó que el rendimiento del AE de *P. aduncum* era mayor cuando las hojas eran trituradas a un tamaño específico, aunque no se mencionan cifras exactas.

El rendimiento obtenido en el presente estudio es menor en comparación con los reportados en los antecedentes. Esto podría deberse a diferencias en la metodología de extracción, las condiciones ambientales de la región de Huamanga, o las características intrínsecas de las hojas recolectadas.

La Tabla 3 incluye los resultados relacionados con las características organolépticas y fisicoquímicas del AE obtenido de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. de la provincia de Huamanga.

Respecto a las características organolépticas del AE, este presentó un color amarillento cristalino, típico de muchos AE y sugiere que el AE está relativamente puro, sin impurezas o residuos significativos que puedan alterar su apariencia. Este color puede estar relacionado con la presencia de ciertos compuestos volátiles y carotenoides en el AE.

El olor intenso y picante del AE, es una característica crucial en la evaluación organoléptica de los AE, ya que está directamente relacionado con la concentración y tipo de compuestos aromáticos presentes.

El sabor del AE es astringente, lo que puede indicar la presencia de compuestos fenólicos o taninos, que son conocidos por esta característica. El sabor astringente podría ser un indicio del potencial uso del AE en aplicaciones donde se desee esta propiedad, como en ciertos productos alimenticios o farmacéuticos.

Respecto a las características fisicoquímicas del AE, en la Tabla 3, se observa que la densidad del AE es $1,1040 \pm 0,001$ (g/mL). Cabe resaltar que la densidad es un parámetro crucial para caracterizar un AE, y el valor de 1,1040 g/mL indica que el aceite es más denso que el agua, lo cual es común en muchos AE debido a su contenido en compuestos aromáticos y volátiles. Asimismo, se evidencia que el índice de refracción del AE es de $1,5204 \pm 0,00003$, valor característico de AE con una alta pureza y contenido de compuestos aromáticos; además este parámetro es útil para confirmar la consistencia y autenticidad del aceite esencial. También en la Tabla 3, se reporta el valor del ángulo de rotación del AE de las hojas de *P. elongatum*, que es de $-7,383 \pm 0,017^\circ$, valor negativo que sugiere la presencia de compuestos quirales que giran la luz en sentido levógiro y que es importante para la identificación y estandarización del AE.

Moroco,¹⁰ reportó para *P. aduncum* una densidad de 0,9278 g/mL y un índice de refracción de 1,4872. Los valores de densidad e índice de refracción observados

en el presente estudio son superiores a los reportados en estudios anteriores para *P. aduncum*. Estos valores más altos podrían estar relacionados con la alta concentración de apiol, un compuesto denso y con un elevado índice de refracción.

Los resultados obtenidos muestran que el AE de *P. elongatum* presenta características organolépticas y fisicoquímicas que son consistentes con otros aceites esenciales utilizados en la industria. El color cristalino y la densidad indican una pureza alta, mientras que los valores de índice de refracción y ángulo de rotación óptica proporcionan información valiosa sobre la composición y la calidad del aceite. El sabor astringente podría sugerir aplicaciones específicas en productos donde esta propiedad es deseada.

Los resultados de la Tabla 4 y Figura 2 están relacionados con el perfil químico del AE de *Piper elongatum* Vahl. Estos resultados son clave para cumplir con el objetivo específico que busca evaluar el perfil químico del AE.

El análisis de la Tabla 4 y el cromatograma presentado en la Figura 1, muestra que entre los compuestos identificados en el AE de *P. elongatum*, tenemos al cariofileno, identificado a un tiempo de retención de 18,2053 minutos y con un porcentaje relativo del 0,6%. El cariofileno es un sesquiterpeno común en muchos aceites esenciales y tiene propiedades antiinflamatorias y analgésicas. Aunque está presente en una cantidad relativamente baja (0,6%), su contribución podría ser significativa en términos de actividad biológica.

Otro compuesto identificado es el hexadecano, evidenciado a un tiempo de retención de 20,5943 minutos y con porcentaje relativo de 1,4%. El hexadecano es un hidrocarburo saturado que se encuentra en varios aceites esenciales. Su presencia, aunque moderada, podría influir en la estabilidad del aceite y en sus propiedades físicas.

El compuesto mayoritario del AE de *P. elegantum* es el apiol, identificado a un tiempo de retención de 28,3529 minutos y con un porcentaje relativo de 97,9%. Este fenilpropanoide es conocido por sus propiedades medicinales, incluyendo efectos antiespasmódicos y emenagogos. La alta concentración de apiol define el perfil químico del aceite esencial y es indicativo de su potencial uso en aplicaciones terapéuticas.

El cromatograma presentado en la Figura 2 muestra claramente un pico dominante a los 28,3529 minutos, correspondiente al apiol, que es el compuesto

mayoritario. Este pico alto y estrecho indica una alta concentración y pureza del apiol en el AE.

El perfil químico del AE de *P. elongatum* está claramente dominado por el apiol. La presencia de otros compuestos en menores proporciones como el cariofileno y el hexadecano también añade diversidad al perfil químico, aunque en menor medida. Este perfil sugiere que el AE tiene un potencial uso en aplicaciones medicinales, principalmente debido a la alta concentración de apiol.

En investigaciones anteriores sobre *Piper aduncum* (sinónimo de *Piper elongatum*), se ha reportado la presencia de diferentes perfiles químicos. Por ejemplo, en el estudio de Potzernheim et al.,⁵ se encontró que los principales constituyentes del aceite esencial de *P. aduncum* fueron terpineol y piperitona en algunas poblaciones, mientras que en otras predominaban el trans- β -ocimeno y biciclogermacreno. Además, Díaz⁸ encontró que el principal componente del aceite esencial de *P. aduncum* en la selva central del Perú era la miristicina, constituyendo un 91,6 % del aceite.

Estos resultados actuales muestran una composición química notablemente diferente, dominada por el apiol. Esto sugiere que la variabilidad en la composición del aceite esencial puede ser alta dependiendo de la región de origen de la planta, las condiciones de crecimiento, y los métodos de extracción utilizados.

La Tabla 5 proporciona los resultados relacionados con el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante del AE de las hojas de *P. elongatum*. Estos resultados están directamente relacionados con el objetivo que busca evaluar el contenido de fenoles y la actividad antioxidante del AE.

Se observa que el contenido de compuestos fenólicos (TPC) del AE es de $3,31 \pm 0,01$ mg GAE/g, valor moderado para un AE. Al respecto, los compuestos fenólicos son conocidos por su capacidad antioxidante, lo que sugiere que el AE posee una cierta capacidad para neutralizar radicales libres, aunque en niveles que parecen moderados en comparación con otros aceites esenciales. La actividad antioxidante se evaluó por el método DPPH y ABTS. Al respecto, el ensayo de DPPH mide la capacidad antioxidante del aceite para donar electrones o átomos de hidrógeno y neutralizar los radicales libres DPPH. Un valor de AA de 22,2% indica una actividad antioxidante significativa, aunque no extremadamente alta. El CE50, que es la concentración necesaria para inhibir el 50% de los radicales DPPH, es de 108,8 mg/mL, lo que sugiere que se requiere una cantidad relativamente alta de aceite para alcanzar un efecto antioxidante significativo.

El ensayo de ABTS evalúa la capacidad del aceite para neutralizar el catión radical ABTS. Con un AA del 19,5%, la actividad antioxidante medida por ABTS es un poco menor que la observada en DPPH. El valor de CE50 de 139,4 mg/mL indica que se necesita una mayor cantidad de aceite para lograr un efecto similar al del ensayo de DPPH.

Al comparar con el Trolox, un estándar antioxidante., el AE de *P. elongatum* tiene una actividad antioxidante más baja, lo cual es evidente por los mayores valores de CE50 en ambos ensayos (DPPH y ABTS).

Se concluye que el AE de *P. elongatum* muestra una actividad antioxidante moderada, tal como lo indican los valores de AA y CE50 en los ensayos de DPPH y ABTS. Aunque el contenido de compuestos fenólicos es relativamente bajo, estos compuestos contribuyen a la capacidad antioxidante del AE, aunque no con la misma eficacia que antioxidantes estándar como el Trolox. Estos resultados sugieren que, aunque el AE tiene propiedades antioxidantes, podría ser más efectivo en combinación con otros antioxidantes o en aplicaciones donde se requiera una actividad antioxidante moderada.

Los resultados actuales sobre *P. elongatum* revelan diferencias notables en la composición química y propiedades fisicoquímicas del AE cuando se comparan con antecedentes de *P. aduncum*. Estas diferencias destacan la importancia de la ubicación geográfica y las condiciones específicas de crecimiento en la variabilidad de los compuestos bioactivos de las plantas del género Piper.

VI. CONCLUSIONES

1. El estudio realizado permitió determinar que el aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. de la provincia de Huamanga presenta características físicas, fisicoquímicas y una composición química dominada por el apiol, que constituyen su principal componente bioactivo. Estas características le confieren al aceite esencial propiedades potenciales para aplicaciones terapéuticas y medicinales, destacándose además su moderada actividad antioxidante.
2. Las hojas de *Piper elongatum* Vahl. presentan un alto contenido de humedad ($71,37 \pm 0,596\%$) y una cantidad significativa de cenizas ($8,32 \pm 0,347\%$). Además, el rendimiento del aceite esencial obtenido fue de $0,36 \pm 0,003\%$.
3. El aceite esencial obtenido se caracteriza por un color amarillento cristalino y un sabor astringente.
4. El aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. presenta una densidad de 1,1040 g/mL, un índice de refracción de 1,5204, y un ángulo de rotación de $-7,383^\circ$.
5. El perfil químico del aceite esencial está dominado por el apiol (97,9%), seguido de menores cantidades de hexadecano (1,4%) y cariofileno (0,6%).
6. El aceite esencial mostró un contenido moderado de compuestos fenólicos (3,31 mg GAE/g), y una actividad antioxidante moderada, con valores de CE50 de 108,8 mg/mL en el ensayo DPPH y 139,4 mg/mL en el ensayo ABTS.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda investigar y probar diferentes técnicas de pretratamiento y métodos de extracción para mejorar el rendimiento del aceite esencial, dado que el rendimiento obtenido en este estudio fue relativamente bajo en comparación con otros estudios de plantas similares.
2. Es aconsejable realizar estudios en diferentes regiones y condiciones climáticas para comprender mejor la variabilidad en la composición química del aceite esencial de *Piper elongatum*. Esto podría ayudar a identificar quimiotipos específicos con perfiles químicos únicos que podrían ser más adecuados para aplicaciones terapéuticas o industriales.
3. Dado que el apiol es el principal componente del aceite esencial y tiene propiedades medicinales conocidas, se recomienda explorar su uso en el desarrollo de productos farmacéuticos o nutracéuticos, con un enfoque particular en sus propiedades antiespasmódicas y antioxidantes.
4. Además de la actividad antioxidante, sería beneficioso investigar otras actividades biológicas del aceite esencial, como su potencial antimicrobiano, antiinflamatorio o insecticida, para identificar posibles aplicaciones adicionales en la medicina o la agricultura.
5. Antes de considerar aplicaciones terapéuticas o comerciales, es crucial realizar estudios detallados de seguridad y toxicidad del aceite esencial, especialmente debido a la alta concentración de apiol, que en dosis elevadas podría tener efectos adversos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tirillini B, Velasquez ER and Pellegrino R. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Piper angustifolium*. *Planta Med* 1996; 62: 372–373.
2. Bosquiroli LS, Demarque DP, Rizk YS, et al. In vitro anti-Leishmania infantum activity of essential oil from *Piper angustifolium*. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 2015; 25: 124–128.
3. Cornejo Alarcón V. *Las plantas y sus utilidades*. Ayacucho, 1983.
4. Flores Palacios K and Puente Puente MR. *Actividad antibacteriana del aceite esencial de Piper aduncum "mático" sobre Escherichia coli*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes. Huancayo-Perú, 2016.
5. Potzernheim MC, Bizzo HR, Silva JP, et al. Chemical characterization of essential oil constituents of four populations of *Piper aduncum* L. from Distrito Federal, Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology* 2012; 42: 25–31.
6. Oliveira GL, Moreira DdL, Mendes ADR, et al. Growth study and essential oil analysis of *Piper aduncum* from two sites of Cerrado biome of Minas Gerais State, Brazil. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 2013; 23: 743–753.
7. Albarracín Montoya GC and Gallo Palma SG. *Comparación de dos métodos de extracción utilizando Piper aduncum (condorcillo) procedente de la zona cafetera*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia. Colombia, 2003.
8. Díaz Calderón R. *Aceites esenciales con potencial económico en tres especies del género piper procedentes de la selva central del Perú*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú, 2018.
9. Maia JG, Zohhhbi MdG, Andradre EH, et al. Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the Amazon region. *Flavour and Fragrance Journal* 1998; 13: 269–272.
10. Morocco Quispe SK. *Caracterización micro histológica físico y químico del aceite de mático (Piper aduncum), extraído por arrastre de vapor en un equipo modular*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Puno-Perú, 2017.
11. Rodríguez-Lizana M and Ochoa-Yupaqui WW. Actividad biocida del extracto crudo etanólico crudo del *Piper elongatum* “Mático” en cervicitis en mujeres en

- edad fértil, como alternativa terapéutica. *Journal of the Selva Andina Research Society* 2020; 11: 29–37.
12. Martínez FdM. *Formulación de jabón a base de extracto hidroalcohólico de las hojas de Piper elongatum Vahl. "matico". Ayacucho 2016*. Tesis para titulación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho-Perú, 2016.
 13. Hou T, Sana SS, Li H, et al. Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review. *Food Bioscience* 2022; 47: 101716.
 14. Consejo de Europa. *European pharmacopoeia: Published in accordance with the Convention on the elaboration of a European pharmacopoeia (European treaty series n. 50)*. 8. ed. Strasbourg: Council of Europe, 2013.
 15. Kant R and Kumar A. Advancements in steam distillation system for oil extraction from peppermint leaves. *Materials Today: Proceedings* 2021; 47: 5794–5799.
 16. Tongnuanchan P and Benjakul S. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *J Food Sci* 2014; 79: R1231-49.
 17. Belhachat D, Mekimene L, Belhachat M, et al. Application of response surface methodology to optimize the extraction of essential oil from ripe berries of *Pistacia lentiscus* using ultrasonic pretreatment. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 2018; 9: 132–140.
 18. Kusuma HS and Mahfud M. Comparison of kinetic models of oil extraction from sandalwood by microwave-assisted. *International Food Research Journal* 2017; 24: 1697–1702.
 19. Afzal A, Munir A, Ghafoor A, et al. Development of hybrid solar distillation system for essential oil extraction. *Renewable Energy* 2017; 113: 22–29.
 20. Munir A, Hensel O, Scheffler W, et al. Design, development and experimental results of a solar distillery for the essential oils extraction from medicinal and aromatic plants. *Solar Energy* 2014; 108: 548–559.
 21. Nazem V, Sabzalian MR, Saeidi G, et al. Essential oil yield and composition and secondary metabolites in self- and open-pollinated populations of mint (*Mentha spp.*). *Industrial Crops and Products* 2019; 130: 332–340.
 22. Miguel MG. Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review. *Molecules* 2010; 15: 9252–9287.
 23. Brochot A, Guilbot A, Haddioui L, et al. Antibacterial, antifungal, and antiviral effects of three essential oil blends. *Microbiologyopen* 2017; 6.

24. Bayala B, Bassole IH, Scifo R, et al. Anticancer activity of essential oils and their chemical components - a review. *Am J Cancer Res* 2014; 4: 591–607.
25. Liu XC, Hao X, Zhou L, et al. GC-MS Analysis of Insecticidal Essential Oil of Aerial Parts of *Echinops latifolius* Tausch. *Journal of Chemistry* 2013; 2013: 1–6.
26. Mothana RA, Al-Said MS, Al-Yahya MA, et al. GC and GC/MS analysis of essential oil composition of the endemic *Soqatraen Leucas virgata* Balf.f. and its antimicrobial and antioxidant activities. *Int J Mol Sci* 2013; 14: 23129–23139.
27. Zhang K, Gao L, Zhang C, et al. Analysis of Volatile Flavor Compounds of Corn Under Different Treatments by GC-MS and GC-IMS. *Front Chem* 2022; 10: 725208.
28. Zribi I, Bleton J, Moussa F, et al. GC-MS analysis of the volatile profile and the essential oil compositions of Tunisian *Borago Officinalis* L.: Regional locality and organ dependency. *Industrial Crops and Products* 2019; 129: 290–298.
29. Ajilogba CF and Babalola OO. GC-MS analysis of volatile organic compounds from *Bambara groundnut* rhizobacteria and their antibacterial properties. *World J Microbiol Biotechnol* 2019; 35: 83.
30. Luong S, Tocheri MW, Sutikna T, et al. Incorporating terpenes, monoterpenoids and alkanes into multiresidue organic biomarker analysis of archaeological stone artefacts from *Liang Bua* (Flores, Indonesia). *Journal of Archaeological Science: Reports* 2018; 19: 189–199.
31. Cao T, Wang J, Wu Y, et al. Antiglaucoma Potential of β -Glucogallin Is Mediated by Modulating Mitochondrial Responses in Experimentally Induced Glaucoma. *Neuroimmunomodulation* 2021: 1–10.
32. Kuitunen M-L, Altamirano JC, Siegenthaler P, et al. Derivatization and rapid GC-MS screening of chlorides relevant to the Chemical Weapons Convention in organic liquid samples. *Anal Methods* 2020; 12: 2527–2535.
33. Patel MK, Pandey S, Kumar M, et al. Plants Metabolome Study: Emerging Tools and Techniques. *Plants (Basel)* 2021; 10.
34. Fiehn O. Metabolomics by Gas Chromatography-Mass Spectrometry: Combined Targeted and Untargeted Profiling. *Curr Protoc Mol Biol* 2016; 114: 30.4.1-30.4.32.
35. Hata K, Soma Y, Yamashita T, et al. Calibration-Curve-Locking Database for Semi-Quantitative Metabolomics by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Metabolites* 2021; 11.

36. Pineda EB and Alvarado EL de. *Metodología de la investigación*. Tercera edición. Washington, D.C.: Organizacion Panamericana de la Salud, 2008.
37. Council of Europe. *European Pharmacopoeia*. 10a ed. Strasbourg, 2019.
38. Sousa C, Silva HRe, Vieira-Jr. GM, et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Quím. Nova* 2007; 30: 351–355.
39. Martinez García JJ. *Composición química y actividad antioxidante de los aceites esenciales de Mentha longifolia y Mentha x piperita*. Tesis de grado, Universitat Politècnica de Valencia. Valencia-España, 2019.
40. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C and Del Baptista Lucio MP. *Metodología de la investigación*. 5a ed. México, D.F.: McGraw-Hill, 2010.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Identificación taxonómica de *Piper elongatum* Vahl.

CONSTANCIA

**LA BIOLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN
TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:**

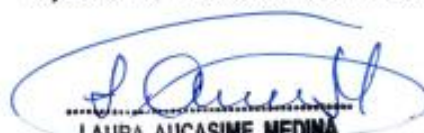
Que, la Bachiller en Farmacia y Bioquímica, **Srta. Liz Soledad, AGUERO ESCALANTE**, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

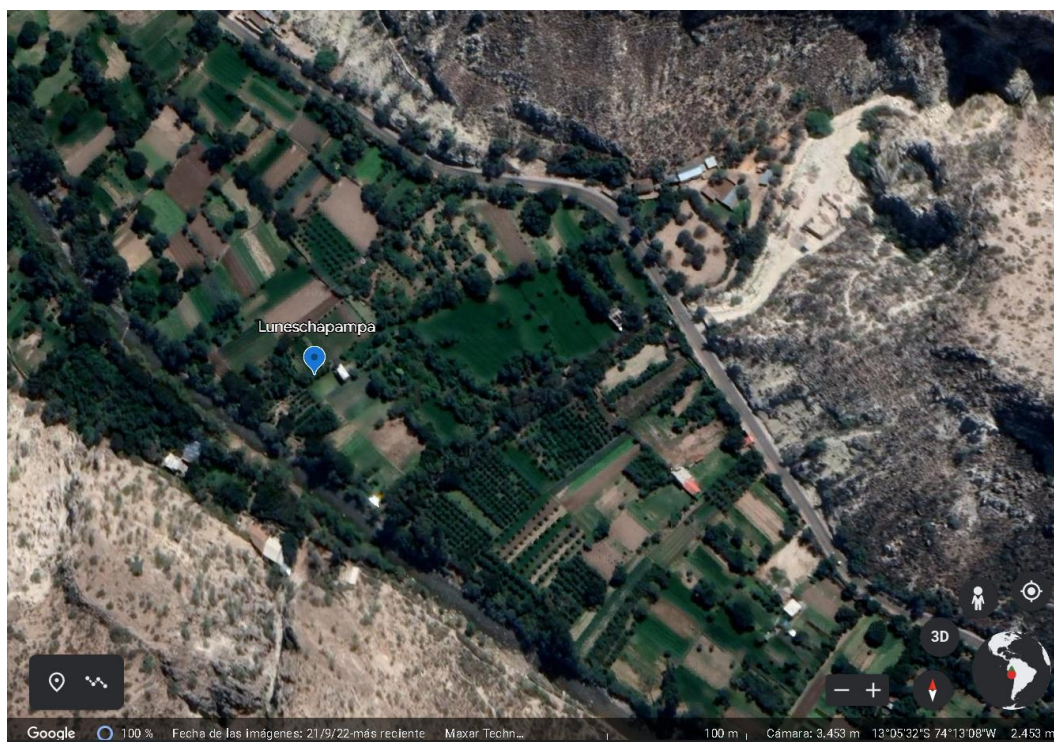
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	MAGNOLIIDA
ORDEN	:	PIPERALES
FAMILIA	:	PIPERACEAE
GÉNERO	:	Piper
ESPECIE	:	<i>Piper elongatum</i> Vahl.
VARIEDAD	:	moco – moco Trelease
N. V..	:	"mático

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

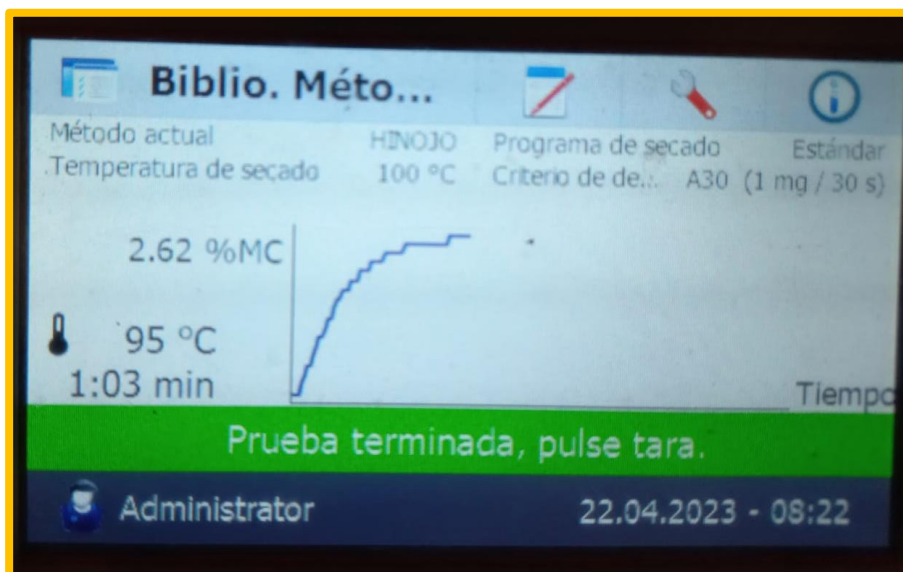
Ayacucho, 11 de Abril del 2023


LAURA AUCASIME MEDINA
BIÓLOGA
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

Anexo 2. Localización geográfica del lugar de recolección de material vegetal.



Anexo 3. Galería de fotos.



Anexo 4. Matriz de definición y operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Valor	Escala
Características fisicoquímicas	Son parámetros que miden las características del AE, tales como, densidad, índice de refracción y poder rotatorio.	La densidad se mide por picnometría, el índice de refracción por refractometría y el poder rotatorio por polarimetría.	Densidad Índice de rotación Índice de refracción	g/mL Adimensional °Z	Razón Razón Intervalo
Perfil químico	Es la composición química cuantitativa de los aceites esenciales.	Es la señal que reporta el detector de masas luego de la cromatografía gaseosa y en el cual cada señal está dada por el tiempo de retención.	Abundancia relativa	Porcentaje	Razón
Contenido de compuestos fenólicos	Se refiere a la concentración de sustancias químicas que contienen uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a un anillo aromático.	Se mide por un método espectrofotométrico usando el reactivo de Folin-Ciocaltey u tricloruro de aluminop.	Contenido de fenoles totales Contenido de flavonoides	mgGAE/g mgRUE/g	Razón Razón
Actividad antioxidante	La actividad antioxidante in vitro se refiere a la capacidad de una sustancia o compuesto para inhibir o neutralizar los efectos dañinos de los radicales libres	Se mide por un método espectrofotométrico, usando los radicales DPPH y ABTS y el poder reductor FRAP.	Actividad antioxidante Concentración eficiente antioxidante	Porcentaje µg/mL	Razón Razón

Anexo 4. Matriz de consistencia.

Título: Caracterización física y química del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. de la provincia de Huamanga.

Problema	Objetivos	Variables	Hipótesis	Metodología
¿Cuáles serán las características físicas y el perfil químico del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl? procedentes de la provincia de Huamanga?	Objetivos generales Determinar las características físicas y la composición química del aceite esencial obtenido de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga. Objetivos específicos - Evaluar las características físicas de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga. - Evaluar las características organolépticas del aceite esencial obtenido de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga. - Evaluar las características fisicoquímicas del aceite esencial obtenido de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga. - Evaluar el perfil químico del aceite esencial obtenido de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga. - Evaluar el contenido de fenoles y actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga.	Variable 1. Características fisicoquímicas Variable 2. Perfil químico.	El aceite esencial obtenido de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedente de la provincia de Huamanga varía en su composición cuali-cuantitativa.	Tipo de investigación Básica. Población Hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedentes de la provincia de Huamanga. Muestra 20 kilos de hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. recolectadas en de la provincia de Huamanga. Procedimiento para la recolección de datos El aceite esencial se obtendrá por hidrodestilación y por destilación por arrastre de vapor. La densidad se realizará mediante picnometría; el índice de refracción por refractometría; y la rotación óptica por polarimetría. El perfil químico se evaluará por cromatografía gaseosa acoplada a espectroscopía de masas (GC-MSM). Análisis de datos Los datos obtenidos se expresarán en forma de medias y desviación estándar de tres repeticiones. Los resultados se presentarán mediante tablas y figuras. Los promedios se compararán mediante análisis de varianza y de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de confianza del 95%

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
RESOLUCIÓN DECANAL N° 1101-2024-UNSCH-FCSA-D

BACHILLER:

LIZ SOLEDAD AGUERO ESCALANTE

En la ciudad de Ayacucho, siendo las nueve de la mañana del día veinticinco del mes de octubre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el auditorium de la Facultad de Ciencias de la Salud los docentes miembros del jurado evaluador, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: **Caracterización física y química del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. de la provincia de Huamanga**; presentando por la bachiller **LIZ SOLEDAD AGUERO ESCALANTE** para optar el título profesional de Químico Farmacéutico.

En mérito a la Resolución Decanal 1115-2024-UNSCH-FCSA-D y con con MEMORANDO S/N-2024-MLS-EPFyB-FCSA-UNSCH de fecha 24 de octubre de 2024, la profesora Maricela López Sierralta justifica inasistencia a sustentación de tesis, y en conformidad con lo dispuesto en el Art.34 del currículum 2004 revisado de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, el cual establece que: "En caso de impedimentos justificados de algunos de los miembros del jurado, el Decano podrá nombrar un profesor reemplazante, de acuerdo a un rol establecido. En caso de parentesco, la inhibición es obligatoria", el Decano designa a la Prof. Kirianova Godoy Bautista como miembro del jurado en el acto de sustentación de la bachiller LIZ SOLEDAD AGUERO ESCALANTE en calidad de reemplazo de la Prof. Maricela López Sierralta.

Los miembros del jurado de sustentación conformado por:

Presidente	: Prof. José Alejandro Yarlequé Mujica (Decano)
Miembros	: Prof. Edgar Cárdenas Landeo
	: Prof. Kirianova Godoy Bautista
4to jurado y secretario Docente	: Prof. Mónica Gómez Quispe
Asesor	: Prof. Marco Rolando Aronés Jara

Con el quorum de reglamento se dio inicio la sustentación de tesis, el presidente de la comisión pide al secretario docente dar lectura a los documentos presentados por el recurrente, resolución decanal y algunas indicaciones al sustentante.

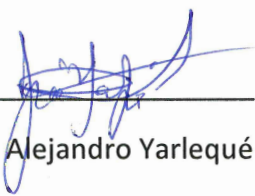
Acto seguido inicia la exposición la Bachiller: LIZ SOLEDAD AGUERO ESCALANTE, una vez finalizado, el presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas, seguidamente se da pase al asesor de tesis, para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes.

El presidente invita a la sustentante abandonar el auditorium para que pueda proceder con la calificación.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

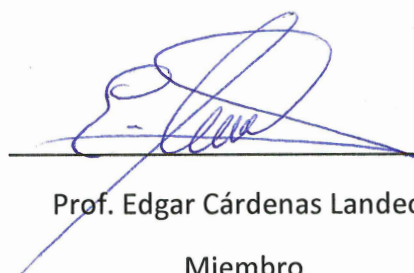
JURADOS	TEXTO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	P.FINAL
Prof. Edgar Cárdenas Landeo	17	16	16	16
Prof. Kirianova Godoy Bautista	16	15	15	15
Prof. Mónica Gómez Quispe	17	17	16	17
PROMEDIO FINAL				16

De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar a la Bachiller LIZ SOLEDAD AGUERO ESCALANTE; quien obtuvo la nota final de dieciséis (16) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las 10:50 de la mañana, se da por concluido el presente acto académico.



Prof. José Alejandro Yarlequé Mujica

Presidente



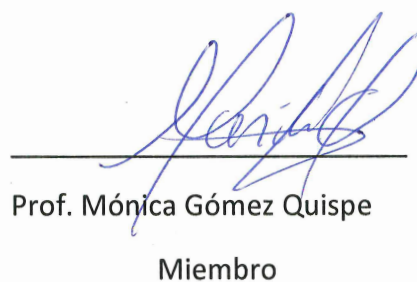
Prof. Edgar Cárdenas Landeo

Miembro



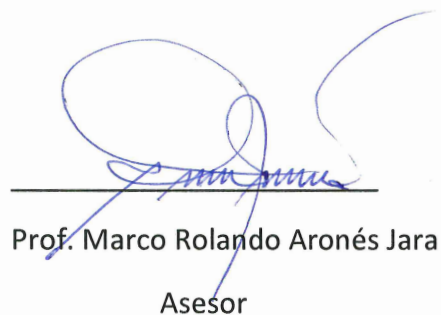
Prof. Kirianova Godoy Bautista

Miembro



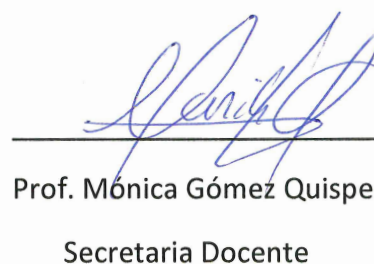
Prof. Mónica Gómez Quispe

Miembro



Prof. Marco Rolando Aronés Jara

Asesor



Prof. Mónica Gómez Quispe

Secretaria Docente



UNSCH

FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD SEGUNDA INSTANCIA:
TESIS DE PREGRADO

(C°39-2024-EPFB-UNSCH)

La que suscribe, directora de escuela y docente instructor en segunda instancia de Tesis de Pregrado, luego de verificar la originalidad de la tesis de la Escuela profesional de Farmacia y bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en representación de la decana y delegada por Resolución Decanal N° 077-2021-UNSCH-FCSA/D, deja constancia que el trabajo de tesis titulado:

Caracterización física y química del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. de la provincia de Huamanga

PRESENTADO POR: Bach. Liz Soledad AGUERO ESCALANTE

Ha sido sometido al análisis mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **24% de índice de similitud.**

Por lo que, de acuerdo con el porcentaje establecido en el Artículo 13° del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de pregrado de la UNSCH. Por tanto, **ES PROCEDENTE** conceder la Constancia de originalidad en segunda instancia.

Ayacucho, 06 de octubre del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Mg. Maricela López Sierralta
DIRECTORA
Docente. Instructor
Segunda instancia

cc.
Archivo.

Caracterización física y química del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. de la provincia de Huamanga

por Liz Soledad AGUERO ESCALANTE

Fecha de entrega: 06-oct-2024 07:39p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2477061907

Nombre del archivo: Tesis_Liz_Aguero_Escalante.pdf (1.09M)

Total de palabras: 11347

Total de caracteres: 60460

Caracterización física y química del aceite esencial de Piper elongatum Vahl. de la provincia de Huamanga

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	7%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.lamolina.edu.pe	3%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	3%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unsch.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.uladech.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.unamba.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unal.edu.co	1%
	Fuente de Internet	
8	es.scribd.com	1%
	Fuente de Internet	

9	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	1library.co Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.ucundinamarca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
13	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
15	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
16	www.oalib.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo