

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



TESIS:

**Variabilidad del contenido del aceite esencial de *Piper elongatum*
Vahl. que crecen en la región de Ayacucho**

Para optar el título profesional de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR:

Bach. Magno MAURICIO ROJAS

ASESOR:

Dr. Marco Rolando ARONES JARA

AYACUCHO - PERÚ

2024

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar con mis objetivos, a mis padres quienes en toda mi vida han velado por mi bienestar y educación. Confiando enteramente en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi capacidad.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga formador de excelentes profesionales al servicio de la población y del país.

A la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica y a sus excelentes docentes quienes han compartido sus conocimientos y con su enseñanza han sido escultores de mis conocimientos.

Al mentor Dr. Marco Rolando ARONÉS JARA, por su amistad, sabiduría y orientación invaluable a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación.

A quienes me brindaron su respaldo a lo largo de la realización de esta labor y en el recorrido de formación profesional

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	5
2.1.3. Antecedentes regionales	6
2.2. Redacción del marco teórico	7
2.2.1. Clasificación taxonómica <i>Piper elongatum</i>	7
2.2.2. Descripción morfológica <i>Piper elongatum</i>	7
2.2.3. Eco geografía de <i>Piper elongatum</i>	7
2.2.4. Usos tradicionales de <i>Piper elongatum</i>	7
2.2.5. Relación estructura-actividad de <i>Piper elongatum</i>	8
2.2.6. Variabilidad de los aceites esenciales de <i>Piper elongatum</i>	8
2.2.7. Extracción de aceites esenciales de <i>Piper elongatum</i>	10
2.2.8. Perfil químico de aceites esenciales de <i>Piper elongatum</i>	12
2.3. Marco conceptual	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Ubicación	13
3.2. Alcance de investigación	13
3.3. Hipótesis	13
3.4. Diseño de investigación	14
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	14
3.5.1. Población	14
3.5.2. Muestra	14
3.6. Recolección de los datos	14
3.6.1. Material vegetal	14

3.6.2. Análisis de las hojas	15
3.6.3. Extracción del aceite esencial	15
3.6.4. Análisis del aceite esencial	15
3.6.5. Análisis químico del aceite esencial	16
3.7. Análisis de datos	17
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES	35
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	37
IX. ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características fisicoquímicas de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.	21
Tabla 2. Características fisicoquímicas del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.	22
Tabla 3. Composición química del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.	23
Tabla 4. Contenido de fenoles y actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ilustración de <i>Piper elongatum</i> Vahl.	7
Figura 2. Equipo de Clevenger para aceites esenciales pesados.	15
Figura 3. Cromatograma GC-MS del aceite esencial de hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en el anexo de Chacco del distrito de Quinua en Ayacucho.	24
Figura 4. Cromatograma GC-MS del aceite esencial de hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en el distrito de Luricocha en Ayacucho.	25

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Identificación taxonómica de <i>Piper elongatum</i> Vahl. procedente del anexo de Chacco, distrito de Quinua en el departamento de Ayacucho.	43
Anexo 2. Identificación taxonómica de <i>Piper aduncum</i> L. procedente del distrito de Luricocha de la provincia de Huanta en el departamento de Ayacucho.	44
Anexo 3. Ubicación del anexo de Chacco, del distrito de Quinua, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.	45
Anexo 4. Ubicación del distrito de Luricocha, provincia de Huanta, departamento de Ayacucho.	46
Anexo 5. Datos estadísticos descriptivos de las características fisicoquímicas, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de las hojas y aceites esenciales de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.	47
Anexo 6. Comparación de medias de los valores de las características fisicoquímicas, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de las hojas y aceites esenciales de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.	48
Anexo 7. Galería de fotos del estudio de las características fisicoquímicas de las hojas y el aceite esencial de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.	50
Anexo 8. Matriz de definición y operacionalización de variables	52
Anexo 9. Matriz de consistencia	53

RESUMEN

Piper elongatum Vahl. es una especie originaria de Perú, ampliamente distribuida y con usos etnofarmacológicos reconocidos y cuya composición cuali-cuantitativa podría estar influenciada por el lugar de procedencia. La presente investigación evalúa la variabilidad del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. que crece en la región de Ayacucho, Perú. Se recolectaron muestras de hojas en dos localidades: Chacco y Luricocha. El aceite esencial se extrajo mediante hidrodestilación con el aparato de Clevenger y se analizaron parámetros fisicoquímicos como densidad, índice de refracción, índice de rotación óptica, y la composición química mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. También se evaluó el contenido de fenoles totales por el método de Folin Ciocalteu y la actividad antioxidante mediante los métodos DPPH y ABTS. Los resultados mostraron diferencias significativas en la densidad y el índice de rotación óptica del aceite, siendo el aceite de Chacco más denso (1,1203 g/mL) y con rotación positiva, mientras que el de Luricocha fue menos denso (1,0498 g/mL) y mostró rotación negativa. El compuesto principal en ambas localidades fue apiol, con mayor concentración en Chacco (96,15%). Sin embargo, en Luricocha se detectó una mayor diversidad de compuestos terpenoides. Además, el aceite de Luricocha presentó un mayor contenido de fenoles totales (4,37 mg GAE/g) y una actividad antioxidante superior (79,34% en ABTS a 100 mg/mL). Se concluye que la variabilidad geográfica influye significativamente en las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de *Piper elongatum*, sugiriendo la presencia de quimiotipos diferenciados entre ambas localidades.

Palabras clave. *Piper elongatum*, aceite esencial, variabilidad geográfica, composición química, actividad antioxidante.

ABSTRACT

Piper elongatum Vahl. is a species native to Peru, widely distributed and known for its recognized ethnopharmacological uses, and whose qualitative and quantitative composition may be influenced by its place of origin. This research evaluates the variability of the essential oil of *Piper elongatum* Vahl. growing in the Ayacucho region of Peru. Leaf samples were collected from two locations: Chacco and Luricocha. The essential oil was extracted by hydrodistillation using a Clevenger apparatus, and physicochemical parameters such as density, refractive index, optical rotation, and chemical composition were analyzed using gas chromatography-mass spectrometry. The total phenol content was also evaluated using the Folin-Ciocalteu method, and antioxidant activity was assessed using the DPPH and ABTS methods. The results showed significant differences in the oil's density and optical rotation, with Chacco oil being denser (1.1203 g/mL) and showing positive rotation, while Luricocha oil was less dense (1.0498 g/mL) and exhibited negative rotation. The main compound in both locations was apiol, with a higher concentration in Chacco (96.15%). However, greater diversity of terpenoid compounds was detected in Luricocha. Furthermore, the oil from Luricocha exhibited a higher total phenol content (4.37 mg GAE/g) and superior antioxidant activity (79.34% in ABTS at 100 mg/mL). It is concluded that geographic variability significantly influences the physicochemical characteristics and chemical composition of *Piper elongatum* essential oil, suggesting the presence of different chemotypes between the two locations.

Keywords: *Piper elongatum*, essential oil, geographic variability, chemical composition, antioxidant activity.

I. INTRODUCCIÓN

Piper elongatum Vahl., conocido comúnmente como “matico”, “condorcillo”, “mohomho”, “hierba del soldado” o “mocomoco”,¹ es una planta originaria de Perú que se distribuye ampliamente en las montañas y los valles interandinos desde Bolivia hasta Chile.² Esta especie es nativa de zonas tropicales de América del Sur y Central, Asia, y algunas islas del Océano Pacífico.³

Piper elongatum Vahl. se reproduce por semillas y suele crecer en jardines y huertos de regiones cálidas.⁴ En la provincia de Huamanga, Ayacucho, Perú, se encuentra ampliamente distribuida, tanto en áreas urbanas como en huertos y espacios verdes públicos; además, se cultiva en los valles interandinos para su comercialización.

Todos los órganos de *Piper elongatum* Vahl. contienen células ricas en aceites esenciales, los cuales son utilizados en medicina. En la medicina tradicional de Huamanga, se emplea por sus propiedades antiinflamatorias; se utiliza para realizar lavados externos con decocciones concentradas, así como directamente sobre heridas y llagas, aplicando hojas secas y molidas.⁴ En otros lugares, se utiliza la decocción para desinfectar heridas y llagas,² como cicatrizante en hemorragias, en lavados antisépticos, en infusión para eliminar cálculos biliares, para tratar enfermedades respiratorias y trastornos gastrointestinales, y en gárgaras con infusión de hojas para tratar úlceras crónicas y como repelente.^{5,6}

Diversas investigaciones han reportado la actividad biológica del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl., entre ellas destacan efectos insecticidas, larvicidas, leishmanicidas, molusquicidas, además de actividades antibacterianas y antifúngicas.⁷ El aceite esencial de *P. elongatum* contiene compuestos como ácidos benzoicos, dillapiol, adunchalcona,³ linalol,⁶ alcanfor, canfeno, isoborneol, cariofileno y miristicina,² entre otros. Esta composición ha mostrado variabilidad cualitativa y cuantitativa, originando diversos quimiotipos que dependen del lugar

de crecimiento.⁶⁻¹⁰ Asimismo, se ha observado variabilidad en el rendimiento del aceite esencial.^{5,9,11}

Estudios moleculares han revelado una gran variabilidad dentro de esta especie, atribuida principalmente a su amplia distribución y posiblemente a su sistema reproductivo biológico.⁶ Algunos investigadores han propuesto la hipótesis de que la variación química del aceite esencial de *P. elongatum* está dominada por dos quimiotipos: uno que produce el fenilpropanoide dillapiol y otro que genera los terpenos (E)-nerolidol y linalol.⁶

Actualmente, en nuestra región, los estudios sobre el aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. se han centrado en evaluar su efecto antibacteriano y sus características físicas y químicas, sin profundizar en la variabilidad de su composición según el lugar de crecimiento de esta especie vegetal.

Por tales consideraciones, la presente investigación pretende determinar la variabilidad de las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la región de Ayacucho.

Objetivo general

Determinar la variabilidad de las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la región de Ayacucho.

Objetivos específicos

- a. Evaluar las características fisicoquímicas de las hojas de *P. elongatum* según el lugar de procedencia.
- b. Evaluar las características fisicoquímicas del aceite esencial obtenido de las hojas de *P. elongatum* según el lugar de procedencia.
- c. Evaluar la composición química del aceite esencial obtenido de las hojas de *P. elongatum* Vahl. según el lugar de procedencia.
- d. Evaluar el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante del aceite esencial obtenido de las hojas de *P. elongatum* Vahl. según el lugar de procedencia.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Piper elongatum Vahl., es una especie que tiene por sinonimia científica a *Piper aduncum* Lam. y *Piper angustifolium*,³ y la mayoría de investigaciones publicadas han sido reportadas como a *P. aduncum*.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Bosquioli et al.,³ el 2015 informaron un estudio que tuvo como objetivo de evaluar la actividad *in vitro* del aceite esencial (AE) de *Piper angustifolium* contra Leishmaniasis infantum. El AE fue extraído mediante destilación utilizando un aparato de Clevenger y se realizó un análisis fitoquímico para identificar sus componentes principales. Los resultados mostraron que los compuestos predominantes fueron el espatolufenol (23,8%) y el óxido de cariofileno (13,1%), con un rendimiento de 0,41%. Como conclusión, se demostró por primera vez la actividad antileishmanial *in vitro* del AE de *P. angustifolium*.

Por su parte, Oliveira et al.,⁷ el 2013, publicaron el estudio cuyo objetivo fue evaluar el crecimiento y la composición química de los aceites esenciales de *Piper aduncum* provenientes de dos localidades del bioma Cerrado, en Minas Gerais, Brasil. Se recolectaron hojas de *P. aduncum* en dos sitios diferentes y se procedió a la extracción de los AE para su análisis. En Bocaiuva, no se encontraron diferencias significativas entre las plantas silvestres y cultivadas, con el 1,8-cineol como el principal compuesto. Sin embargo, en Montes Claros, se observaron diferencias en la concentración de compuestos, siendo el transocimeno (13,4%) el compuesto predominante en las plantas silvestres, mientras que el 1,8-cineol (31,3%) fue el principal en las plantas cultivadas. El estudio concluyó que la composición de los aceites esenciales varía según la localidad y las condiciones de cultivo, lo que influye en la concentración de sus compuestos principales.

Potzemheim et al.,⁶ el 2012, comunicaron el estudio que tuvo como objetivo evaluar la variabilidad química del aceite esencial de cuatro poblaciones de *Piper*

aduncum en el Distrito Federal, Brasil. El AE fue extraído mediante hidrodestilación y analizado con GC-FID y GC-MS. El rendimiento del AE osciló entre 0,7% y 1,3%. Las poblaciones de Brazilândia y Parque do Guará mostraron perfiles químicos similares, con terpineol y piperitona como principales compuestos. Sin embargo, la población de Córrego Bananal presentó dos grupos de composición distinta: uno dominado por trans-b-ocimeno y safrol, y otro con altos niveles de b-felandreno y piperitona. Por su parte, la población de la hacienda Água Limpa se destacó por su alto contenido de dilapiol. El estudio concluyó que la composición química de los aceites esenciales de *P. aduncum* varía según la población y la ubicación geográfica, mostrando una considerable diversidad en sus quimiotipos.

Abreu et al.,¹² en el 2008, reportaron el estudio de la composición química de los compuestos volátiles de las hojas de *Piper aduncum* subsp. *ossanum* de Cuba mediante GC/MS. Identificaron ochenta y tres compuestos, de los cuales los principales fueron el alcanfor (18,1%) y el canfeno (15,6%).

Albarracín Montoya,⁸ en el 2003, publicaron su tesis que estudió el aceite esencial de hojas y espigas de *P. aduncum* L. procedentes de la zona cafetera de Colombia, mediante extracción de arrastre con vapor de agua e hidrodestilación. Entre sus resultados, se evidenció que el mejor rendimiento (2,15 %) fue obtenido por el método de hidrodestilación de espigas. El componente mayoritario fue el apiol (54,4 y 70,6%).

Masuoka et al.,¹³ en el 2003, reportaron la presencia de siete compuestos conocidos, pirróside B (1), swertisina (2), isovitexina (3), isoswertiajaponina (4), vomifoliol (blumenol A) (5), (6S,9R)-roseósido (6) y angelicoidenol (7). aislado del extracto metanólico de la parte aérea de *Piper elongatum* VAHL. Sus estructuras la identificaron sobre la base de datos físicos y espectrales. Además, evaluaron la actividad antioxidante de los primeros cuatro compuestos mediante el método del tiocianato férrico. Todos estos compuestos mostraron una actividad antioxidante más fuerte que la del alfa-tocoferol.

Maia et al.,¹⁰ en 1998, reportaron la investigación sobre los aceites esenciales de ocho muestras de *Piper aduncum* L., colectadas en diferentes localidades de la región amazónica en Brasil, que fueron analizadas por GC-MS. Entre sus resultados, encontraron que el componente mayoritario fue el dilapiol (31,5 - 97,3%). La muestra recolectada en Serra do Navio, mostró un rendimiento de aceite y contenido de dilapiol de 3,3% y 31,5%, respectivamente; la muestra

Melgaço 1,8% y 50,8%; de Benfica 1,6% y 56,3%; las muestras de Belem 1,2% y 82,2% y 1,5% y 86,9%, respectivamente; de Manaus 3,4% y 91,1%; la muestra colectada en Carretera Manaus-Caracaraõ 3,0% y 97,3%; de Cruzeiro do Sul 3,2% y 88,1%. El rendimiento del contenido de aceite y dilapiol de muestras de *P. aduncum* que se encuentran en Malasia y Fiji mostraron 1,3% y 64,5%; y 0,5% y 58,0%, respectivamente y en comparación, las plantas que crecían de manera silvestre en el estado de Amazonas reportaron mayor rendimiento de aceite y contenido de dilapiol.

Ciccio et al.,¹⁴ en 1997, reportaron la investigación de los aceites esenciales de hojas y espigas de *Piper aduncum* L. en dos localidades de Costa Rica mediante métodos de cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). Entre sus hallazgos, determinaron que los rendimientos fueron del 0,4-1,3% y la composición del aceite fue ligeramente diferente en cada ubicación. Los componentes principales fueron el fenilpropanoide dilapiol (32,9-61,8%), los monoterpenoides piperitona (2,2-13,5%), 1,8-cineol (0,1-8,6%) y 4-terpineol (1,6-5,4%) y el sesquiterpeno cariofileno. Además, identificaron cuarenta y cinco componentes no reportados previamente en esta especie.

Tirillini et al.,² en 1996, reportaron la investigación “composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Piper angustifolium*” procedentes del departamento de Cusco. El AE de *Piper angustifolium* Lam. se analizó mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC/MS). El alcanfor y el canfeno fueron los principales constituyentes. Este aceite exhibió actividades bacteriostáticas y fungistáticas contra *Trichophyton mentagrophytes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus* y *Escherichia coli*.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Díaz Calderón,⁹ el 2018, publicaron el estudio cuyo objetivo fue analizar los aceites esenciales (AE) de interés económico en tres especies del género *Piper* (*P. aduncum*, *P. glabribaccum* y *P. reticulatum*) recolectadas en el departamento de Junín, Perú. El estudio concluyó que el rendimiento de los AE es mayor cuando las hojas se trituran a un tamaño de 1 a 2,5 cm. Además, la composición de los AE varió entre las especies. El AE de *P. aduncum* fue más denso que el agua, con miristicina (91,6%) como principal componente. En *P. glabribaccum*, los principales compuestos fueron β -cariofileno (17,2%) y germacreno-B (14,4%),

mientras que en *P. reticulatum* destacaron β -elemeno (35,2%) y α -felandreno (10,6%).

Moroco Quispe,¹¹ en 2017, informó sobre un análisis de los componentes del AE de *Piper aduncum* procedentes del distrito de Ollachea, en el departamento de Puno, mediante GC-MSM. Los componentes mayoritarios identificados fueron asarona, 1,6-cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-, y bicyclo (7.2.0) undec-4ene, 4, 11, 11-trimethyl. El AE presentó un índice de refracción de 1,4872, una densidad de 0,9278 g/mL a 20 °C, un pH de 5,15 y una viscosidad que osciló entre 4,69 cP y 4,96 cP.

Hermoso et al.,¹⁵ en el 2013, publicaron la investigación sobre el aislamiento dos dihidrocalconas (1 y 2) de *Piper elongatum* Vahl procedente del departamento de Cusco, mediante fraccionamiento guiado por actividad contra promastigotes extracelulares de *Leishmania braziliensis in vitro*. Sus estructuras se dilucidaron mediante análisis espectral, incluidos experimentos de RMN de correlación homonuclear y heteronuclear. También analizaron los derivados 3 a 7 y 20 compuestos sintéticos relacionados (8 a 27) para establecer los requisitos estructurales para la actividad antileishmania. Evidenciaron que los compuestos 1 a 11 que demostraron ser más activos que el ketoconazol, utilizado como control positivo; además analizaron contra promastigotes de *Leishmania tropica* y *Leishmania infantum*. Los compuestos 7 y 11, con un sistema C6-C3-C6, demostraron ser los compuestos más prometedores, con valores de IC₅₀ de 2,98 y 3,65 mg/mL, respectivamente, y no mostraron ningún efecto tóxico sobre los macrófagos (alrededor del 90,0% de viabilidad).

2.1.3. Antecedentes regionales

Rodríguez-Lizana,¹⁶ en 2020, llevaron a cabo un estudio para evaluar la eficacia del extracto crudo etanólico de *Piper elongatum* en el tratamiento de la cervicitis en mujeres en edad fértil, concluyendo que dicho extracto presenta una acción biocida efectiva contra esta afección.

Martínez,¹⁷ en 2016, investigó la formulación de un jabón con extracto hidroalcohólico de hojas de *Piper elongatum* Vahl., conocido por sus propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antioxidantes. Los resultados mostraron que el jabón que contenía un 2,0% de extracto fue el más eficaz, seguido por el que contenía un 4,0%. Además, se comprobó que los compuestos fenólicos se mantuvieron estables a 30°C, subrayando la relevancia de emplear conservantes y excipientes para mejorar la estabilidad de la formulación.

2.2. Redacción del marco teórico

2.2.1. Clasificación taxonómica *Piper elongatum*

Piper elongatum Vahl., pertenece a la Familia Piperaceae, Género *Piper* (sin. = *aduncum* Lam.).³ Popularmente conocida como "matico".



Figura 1. Ilustración de *Piper elongatum* Vahl.

2.2.2. Descripción morfológica *Piper elongatum*

Es una planta arbustiva con flores bisexuales, sin pétalos, protegidas por una pequeña bráctea y dispuestas en espigas terminales densas. El androceo tiene dos estambres y el gineceo un ovario súpero con un único óvulo ortótropo. Las hojas son simples, opuestas, con nervios prominentes en el envés, sin estípulas. El fruto es una baya drupiforme, y las semillas tienen perisperma, endosperma y un embrión pequeño. Se propaga por semillas y crece en regiones cálidas y templadas.⁴

2.2.3. Eco geografía de *Piper elongatum*

P. elongatum crece en suelo arcilloso, limoso, limo-arcilloso, framco-limo-arcilloso. En Perú, crece en los departamentos de Huánuco, Huancavelica y Cusco. Crece en clima templado y frío; y es un biotipo característico de las comunidades antropocénicas del país. Su distribución altitudinal va desde los 2000 a 2500 m.s.n.m. Su época de floración es todo el año; así como su fructificación. Su forma de propagación es por semillas.¹

2.2.4. Usos tradicionales de *Piper elongatum*

Las hojas de *P. elongatum* se utilizan en infusión para lavar heridas, como pectoral y carminativo, y en polvo como cicatrizante de úlceras.¹ *Piper aduncum* se ha empleado principalmente para tratar lesiones cutáneas asociadas a la leishmaniasis, aunque hay pocos estudios sobre su actividad frente a especies que causan leishmaniasis visceral.¹ Sus órganos contienen células ricas en

aceites esenciales, utilizados en medicina por sus propiedades antiinflamatorias, y también se usan en lavados externos y para tratar heridas.⁴

En la Amazonía peruana, las hojas y ramitas tiernas en infusión se emplean como tónico para la fiebre, inflamaciones, problemas urinarios, amigdalitis, cistitis, diarrea, estreñimiento y como diurético.¹¹ Además, *P. aduncum* se utiliza tradicionalmente como digestivo, para tratar la gripe, dolores estomacales, úlceras crónicas y como repelente de insectos.⁶

Las hojas también se usan en la medicina popular para tratar estomatitis, vaginitis, erisipela y trastornos hepáticos. Se le atribuyen propiedades antisépticas, antidiarreicas, tónicas, astringentes, antirreumáticas y repelentes de insectos. También ha sido utilizado de forma común para tratar lesiones cutáneas provocadas por leishmaniasis, lo que ha impulsado investigaciones sobre especies de *Leishmania* asociadas a esta enfermedad.³

En la medicina tradicional, se le atribuyen múltiples usos. Las hojas en decocción se emplean como cicatrizante en el tratamiento de hemorragias, en lavados antisépticos para heridas, y en infusión para expulsar cálculos biliares y tratar afecciones respiratorias (antiinflamatorio, expectorante y antitusígeno), así como problemas gástricos e intestinales. En la Amazonía, los nativos la utilizan como antiséptico. En Perú, se ha usado para controlar hemorragias y tratar úlceras, mientras que en Europa ha sido empleada para tratar afecciones renales y de los órganos genitales. También se comercializa como un jabón antiséptico, usado como emoliente y protector de la piel.⁵

2.2.5. Relación estructura-actividad de *Piper elongatum*

Diversos estudios indican que la composición del aceite esencial (AE) de *P. aduncum* varía tanto cualitativa como cuantitativamente según su origen, influenciada por factores como el clima, el suelo y la geografía. Potzemheim et al.⁶ proponen que esta variación química se agrupa en dos quimiotipos: uno presente en la Amazonía, que produce dillapiol, y otro en la Mata Atlántica, donde se generan terpenos como (E)-nerolidol y linalol, a través de la vía mevalonato/acetato.⁶

2.2.6. Variabilidad de los aceites esenciales de *Piper elongatum*

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, aromáticos y aceitosos extraídos de diferentes partes de las plantas (hojas, raíces, flores, cortezas, semillas, entre otros), y contienen varios compuestos químicos. Las plantas producen estos

aceites para protegerse de factores como la luz solar, la contaminación y la desnutrición, y generan aromas para atraer insectos polinizadores.¹⁸

Los aceites esenciales se consideran a menudo la "esencia vital" de las plantas, ya que contienen sus compuestos naturales, sin químicos sintéticos. Durante siglos, han tenido múltiples usos en las industrias cosmética, alimentaria, de perfumería y medicinal. Aunque inicialmente fueron utilizados como medicamentos, posteriormente se descubrieron sus propiedades aromáticas y de sabor. Cuando están frescos, los aceites esenciales son incoloros, pero con el tiempo pueden oxidarse y cambiar de color, por lo que se recomienda almacenarlos en recipientes de vidrio ámbar. De los aproximadamente 3000 aceites esenciales conocidos, solo 300 tienen aplicaciones comerciales.¹⁸

Diversos estudios han evidenciado la variabilidad en el rendimiento de AE de *P. aduncum* según el lugar de colecta, como a continuación se describen.

Assunção et al.,¹⁹ realizaron la extracción de aceite esencial (AE) de *Piper aduncum* en etapa reproductiva, cultivadas en un sistema agroecológico en el Jardín Botánico de Río de Janeiro. Las plantas se sembraron a pleno sol con fertilización. Las condiciones climáticas promedio fueron 26 °C de temperatura, 72,7% de humedad relativa y precipitaciones de 1000-1500 mm, clasificado como clima subtropical seco de invierno. Después de 460 días, los rendimientos de AE fueron del 1,43% al 1,50%.¹⁹

Bosquioli et al.,³ extrajeron el AE de *P. angustifolium* de las hojas de la planta recolectadas en la Subregión Abobral del **Pantanal de Mato Grosso do Sul** obteniendo un **rendimiento del 0,41%** (p/p).

Ciccio et al.,¹⁴ obtuvieron AE de *P. aduncum* recolectadas cerca de la localidad de Santa Cruz de Turrialba, Provincia de Cartago (1200 msnm) y en la Ciudad Universitaria "Rodrigo Facío", San Pedro de Montes de Oca, Provincia de San José (1150 msnm) en **Costa Rica**, obteniendo **rendimientos entre 0,4-1,3%**.

Abreu et al.,¹² extrajeron AE de hojas de *P. aduncum* que fueron recolectadas en el Municipio Ciego de Ávila, Provincia de Ciego de Ávila, ubicado en la parte centro-oriental de **Cuba**, obteniendo un rendimiento de 0,66% (v/m en **base seca**).

Díaz Calderón⁹ obtuvo el AE de hojas de *P. aduncum* tiernas recolectadas en la **Selva Central del Perú**, obteniendo un **rendimiento de hasta 1,87%**.

Flores et al.,⁵ obtuvieron el AE de *P. aduncum* colectados de Puerto Bermúdez de la provincia de Oxapampa en el **departamento de Pasco** obteniendo entre **3,0 a 3,2 mL de AE de 4 Kg de muestra**.

Maia et al.,¹⁰ extrajeron AE de las **hojas y las ramas** delgadas de *P. aduncum*, colectadas en diferentes lugares de la **región amazónica de Brasil**, obteniendo **rendimientos de 1,2 a 3,4%**.

2.2.7. Extracción de aceites esenciales de *Piper elongatum*

La 7ª edición de la Farmacopea Europea define los aceites esenciales como mezclas de compuestos aromáticos extraídos de plantas mediante vapor, destilación en seco o técnicas mecánicas sin calentamiento.²⁰ Estos aceites se obtienen sin alterar su composición química y son ampliamente utilizados en las industrias alimentaria, cosmética y médica.²¹ Para extraer aceites esenciales de diversas partes de plantas medicinales, se utilizan métodos como la destilación al vapor, hidrodestilación y técnicas más avanzadas como la extracción asistida por ultrasonidos y microondas.²² Los métodos no convencionales, como la extracción por microondas y ultrasonidos, son más rápidos y eficientes que los convencionales.²³

Estudios recientes han evaluado distintos métodos de extracción: Afzal et al.²⁴ desarrollaron una destilería solar híbrida para extraer aceites de menta y eucalipto; Munir et al.²⁵ utilizaron destilación de vapor solar, y Názem et al.²⁶ aplicaron hidrodestilación para extraer aceites esenciales de especies de *Mentha*.

Para la **extracción** de AE de *P. elongatum* se han usado diversos **métodos**, tales como, el arrastre de vapor, hidrodestilación, entre otros; así como material **fresco** o **seco**.

Albarracín et al.,⁸ requirieron modificar el sistema para la extracción por arrastre de vapor por uno que permitiese manipular la temperatura del vapor a través de la presión, mantener un suministro de vapor de manera uniforme, de tal manera que las variables fijas fueron: cantidad de materia prima 500 g, presión de la cámara extractora entre 6 a 7 psi, presión en el generador de vapor entre 6 y 7 psi y cantidad de agua de 20 L; la variable de control fue el tiempo de extracción de 60 a 135 minutos; y las variables de respuesta fueron el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del AE. Para la extracción por hidrodestilación se acondicionó un montaje a presión y la variable diferencia al método anterior fue la cantidad de agua en la cámara extractora de 4 L. La extracción de AE se realizó en **material vegetal fresco (hojas y espigas)** y recién recolectado. La extracción por hidrodestilación de las espigas reportaron mayor rendimiento (2,14%); asimismo, el tiempo de extracción no influyó en el rendimiento.⁸

Assunção et al.,¹⁹ realizaron la extracción de AE de **hojas frescas** de *P. aduncum*, utilizando el método de hidrodestilación en un **aparato tipo Clevenger** modificado. Utilizaron 100 g de hojas frescas picadas manualmente con la ayuda de tijeras e inmediatamente sumergidas en 500 mL de agua destilada. Después de 2 h de extracción, los AE se secó utilizando sulfato de sodio anhidro, se filtró y fue almacenado a -4 °C hasta el momento del análisis. Los rendimientos oscilaron entre 1,43% y 1,50%.

Bosquioli et al.,³ extrajeron el AE de *P. angustifolium* de las hojas de la planta por destilación en un **aparato Clevenger** (Vidrolex), obteniendo un rendimiento del 0,41% (p/p).

Ciccio et al.,¹⁴ obtuvieron AE de los **materiales frescos (hojas y espigas)** de *P. aduncum* mediante el procedimiento de hidrodestilación en **aparatos tipo Clevenger**, obteniendo rendimientos entre 0,4-1,3%.

Abreu et al.,¹² extrajeron AE de hojas de *P. aduncum* mediante hidrodestilación en un aparato tipo Clevenger, durante 4 h, obteniendo un rendimiento de 0,66% (v/m en **base seca**).

Díaz Calderon,⁹ obtuvo el AE de **hojas secas** (1 Kg) de *P. aduncum* tiernas y maduras de especímenes en **estado de floración**, mediante **arrastre de vapor**, obteniendo un rendimiento de hasta 1,87%.

Dos Santos et al.,²⁷ extrajeron AE de las hojas e inflorescencias de *P. aduncum*, previamente **secadas** a temperatura ambiente, mediante el método de hidrodestilación en un **aparato Clevenger** durante aproximadamente dos horas.

Flores et al.,⁵ obtuvo el AE de *P. aduncum* mediante la técnica de **destilación por arrastre de vapor**, a partir de 250 g de **hojas secas** con 4 L de agua bidestilada, obteniendo entre 3,0 a 3,2 mL de AE.

Maia et al.,¹⁰ extrajeron AE de las **hojas y las ramas** delgadas de *P. aduncum*, que previamente fueron **secados** al aire durante siete días y que fueron **destilados** en agua durante cinco horas, obteniendo rendimientos de 1,2 a 3,4%.

Morocco,¹¹ evaluó el porcentaje de rendimiento de aceite esencial de *P. aduncum* por el método de **arrastre de vapor**, a partir de 4,5 Kg de hojas frescas, utilizando un **condensador diseñado y construido** (tubo y coraza) con el que obtuvo un rendimiento de 0,515% y un rendimiento de 0,278% con un condensador de serpentín.

2.2.8. Perfil químico de aceites esenciales de *Piper elongatum*

Los aceites esenciales son mezclas volátiles de metabolitos secundarios, principalmente monoterpenos, sesquiterpenos y terpenos oxigenados, que las plantas utilizan para su defensa y comunicación. Estos compuestos tienen diversas actividades biológicas, como propiedades antioxidantes, antivirales, antibacterianas, antifúngicas, antitumorales y bioinsecticidas, lo que los hace valiosos en las industrias farmacéutica, alimentaria y cosmética.²⁸⁻³¹

La técnica de cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) es la herramienta principal para identificar y cuantificar estos compuestos volátiles.³¹ Se ha utilizado en estudios para analizar aceites esenciales de diferentes partes de plantas y algas, así como para detectar compuestos volátiles de rizobacterias.³¹⁻³⁶ La GC-MS también se usa en la identificación de insecticidas, contaminantes y toxinas, gracias a su alta sensibilidad, reproducibilidad y extensas librerías espectrales.³⁷⁻³⁹ Este estudio tiene como objetivo aplicar GC-MS en la bioprospección de aceites esenciales con propiedades antioxidantes y antimicrobianas para su uso en las industrias farmacéutica y alimentaria.

2.3. Marco conceptual

Densidad a 20°C de un AE: Es la relación entre la masa de un volumen específico de aceite esencial (AE) y su volumen, ambos determinados a una temperatura de 20°C. Se expresa en gramos por mililitro y su símbolo es ρ_{20} .⁹

Índice de refracción: Es la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso de longitud de onda específica que pasa a través del AE, mantenido a una temperatura constante.⁹

Desviación polarimétrica de un AE: Es el ángulo en el cual se desvía el plano de polarización de la luz al atravesar un determinado espesor de AE bajo condiciones específicas. Por convención, se mide a través de un espesor de 1 dm o ajustado a 1 dm si el espesor es diferente. La desviación se expresa en grados y minutos, con una temperatura conocida, generalmente 20°C, y con una longitud de onda de luz específica.⁹

Poder rotatorio específico de un AE: Es el ángulo en el que se rotaría el plano de polarización de la luz si atravesara un espesor de 1 dm de una solución estándar de AE que contuviera 1 g de sustancia activa por mililitro. Se expresa en grados y minutos, a una temperatura determinada, generalmente 20°C, y con una longitud de onda definida.⁹

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La investigación se realizó en el departamento de Ayacucho y se ejecutó en los laboratorios del Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fitomedicamentos 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. Alcance de investigación

La evaluación de las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de hojas de *Piper elongatum* Vahl., tiene un alcance descriptivo.⁴⁰

La evaluación de la actividad antioxidante *in vitro* del aceite esencial de hojas de *Piper elongatum* Vahl., a diferentes concentraciones, tiene un alcance explicativo.⁴⁰

3.3. Hipótesis

Para la evaluación de las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial se planteó una hipótesis descriptiva predictiva.⁴⁰ Además, se planteó una hipótesis de diferencia de grupos atribuyendo causalidad para la evaluación de la actividad antioxidante *in vitro*.⁴⁰

Hi: Las características físicas y la composición química del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. varían según el lugar donde crecen en la Región de Ayacucho.

Ha: El aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho tiene un contenido de dilapiol mayor al 50,0% y varían según el lugar donde crece.

Ho: El aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho tiene un mayor contenido de dilapiol menor al 50,0% y no varían según el lugar donde crece.

He: %[D] < 50,0%

Donde $\%[D]$ es el porcentaje de dilapiol.

He: $\%[D]_C \approx \%[D]_L$

Donde $\%[D]$ es el porcentaje de dilapiol; C es anexo de Chacco y L es distrito de Luricocha.

Ha: La concentración eficiente antioxidante *in vitro* del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho es menor a 500 $\mu\text{g/mL}$ y varían según el lugar donde crece.

Ho: La concentración eficiente antioxidante *in vitro* del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho es mayor a 500 $\mu\text{g/mL}$ y no varían según el lugar donde crece.

He: $\text{CE50} > 500 \mu\text{g/mL}$

Donde CE50 es la concentración eficiente antioxidante.

He: $\text{CE50}_C \approx \text{CE50}_L$

Donde CE50 es la concentración eficiente antioxidante; C es anexo de Chacco y L es distrito de Luricocha.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental de tipo transeccional descriptivo comparativo.⁴⁰

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

Hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la región de Ayacucho.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por dos kilos de hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en el anexo de Chacco del distrito de Quinua y el distrito de Luricocha en la región de Ayacucho.

3.6. Recolección de los datos

3.6.1. Material vegetal

Ejemplares de *Piper elongatum* Vahl. fueron recolectados en el mes de abril de dos zonas de la región de Ayacucho: a) anexo de Chacco de la provincia de Huamanga ($13^{\circ}05'32''\text{S}$, $74^{\circ}13'08''\text{W}$; 2453 m); y b) distrito de Luricocha de la provincia de Huanta ($12^{\circ}49'19''\text{S}$, $74^{\circ}18'51''\text{W}$; 2594 m).

Se confeccionó un herbario con el material vegetal, el cual fue remitido al Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para su identificación. Se recolectaron hojas maduras, eliminándose las hojas dañadas y secaron en un ambiente ventilado sin exposición directa al sol. Las hojas secas

fueron embaladas, codificadas y trasladadas al laboratorio de Tecnología de Productos Naturales del Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fitomedicamentos de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (CEDACMEF). Una vez en el laboratorio, las hojas se redujeron de tamaño en un molinillo eléctrico para aumentar la superficie de contacto y así favorecer la extracción del aceite.⁹

3.6.2. Análisis de las hojas

El análisis de las hojas de matico se realizó según lo establecido por la Farmacopea Europea versión 8.0.⁴¹

a. Humedad. Se determinó en una termobalanza OHAUS 290. El porcentaje de humedad se calculó mediante cálculo diferencial de pesos.

b. Determinación del rendimiento. El rendimiento se calculó para el AE obtenido por hidrodestilación como por arrastre de vapor. El rendimiento por hidrodestilación se expresó en mililitros de aceite esencial por kilogramo de hojas secas.⁴¹

3.6.3. Extracción del aceite esencial

La extracción del AE se realizó por hidrodestilación en el equipo de Clevenger para aceites esenciales pesados, provisto de un balón de 5 litros, un refrigerante y una manta de calentamiento (Figura 2).⁴¹ Se midió 200 g de hojas y acondicionó en el balón al cual se le adicionó 1500 mL de agua destilada. El balón se adaptó al equipo de Clevenger, el cual se colocó en la 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.⁴¹ Se adicionó sulfato de sodio anhidro al AE para eliminar el agua residual y luego se filtró.⁹ El AE fue almacenado en un frasco ámbar a -8°C hasta su análisis.³

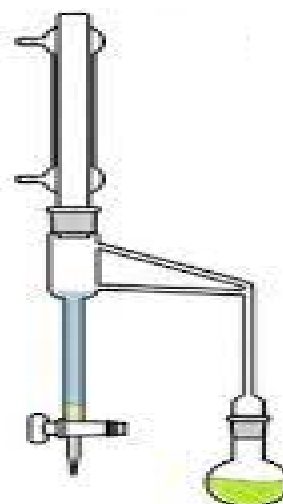


Figura 2. Equipo de Clevenger para aceites esenciales pesados.

3.6.4. Análisis del aceite esencial

3.6.4.1. Análisis organoléptico

Se evaluó el aspecto, color y olor.⁴¹

3.6.4.2. Análisis físico

a. Densidad. Se midió según la Norma Técnica Peruana (NTP 319.075: 1974),⁹ 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:

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

Donde: P es el peso (g) del picnómetro; P₁ es el peso (g) del picnómetro lleno de agua a 20 °C; P₂ 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),⁹ utilizando un refractómetro de mesa. 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).⁹ Se midió la rotación del plano de polarización de la luz, a una longitud de onda definida, al atravesar un espesor determinado de AE.

3.6.5. Análisis químico del aceite esencial

El análisis cualitativo y cuantitativo del aceite esencial de hinojo se realizó utilizando un sistema de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). La identificación de los compuestos presentes en la muestra se efectuó mediante la comparación de los espectros de masas obtenidos con las bibliotecas de referencia NIST Library y GCMS DB-PUBLIC-KOVATSRI-VS3.MSP Library.

Para la separación de los compuestos volátiles se empleó una columna capilar TR-5MS (30 m × 0,25 mm ID × 0,25 µm de espesor de película). Se inyectó un volumen de muestra de 1 µL en modo split (relación de división 0,4 mL/min). El gas portador se mantuvo a un flujo constante, y se utilizó hexano como solvente.

El horno del cromatógrafo se programó con la siguiente rampa de temperatura:

Inicio: La temperatura se estableció en 60 °C y se mantuvo durante 3 minutos.

Rampa 1: La temperatura se incrementó a una tasa de 15 °C/min hasta alcanzar los 150 °C, y se mantuvo durante 15 minutos.

Rampa 2: Posteriormente, la temperatura se incrementó a una tasa de 10 °C/min hasta llegar a 200 °C, manteniéndose durante 5 minutos.

La identificación de los compuestos se llevó a cabo comparando los espectros de masas obtenidos con las bibliotecas de referencia mencionadas. La cuantificación relativa de los compuestos se determinó a partir de la integración de las áreas de los picos correspondientes en los cromatogramas obtenidos.

3.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos se expresan en forma de promedios y el error estándar de la media de tres repeticiones. Los resultados se presentan mediante tablas y figuras comparativas. Los promedios se compararon mediante la Prueba de T de Student de muestras independientes al 95% de nivel de confianza.⁴⁰

IV. RESULTADOS

Tabla 1. Características fisicoquímicas de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.

Parámetro	Procedencia	
	Chacco	Luricocha
Humedad (%)	12,90 ± 1,49	10,85 ± 0,34
Rendimiento (mL/kg)	7,83 ± 0,60	7,67 ± 0,44

Nota: El promedio corresponde a tres repeticiones e incluye el error estándar de la media. Prueba de T de Student de muestras independientes al 95% de nivel de confianza. P-valor para humedad igual a 0,250. P-valor para rendimiento igual a 0,300.

Tabla 2. Características fisicoquímicas del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.

Parámetro	Procedencia	
	Chacco	Luricocha
Densidad (g/mL)	1,1203 ± 0,0023*	1,0498 ± 0,0002*
Índice de refracción	1,5232 ± 0,0001*	1,5152 ± 0,0001*
Índice de rotación (°)	4,47 ± 0,033*	-7,37 ± 0,032*

Nota: El promedio corresponde a tres repeticiones e incluye el error estándar de la media. Prueba de T de Student de muestras independientes al 95% de nivel de confianza: p-valor para densidad igual a 0,001; p-valor para índice de refracción igual a 0,001 y p-valor para índice de rotación igual a 0,001.

Tabla 3. Composición química del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.

Procedencia	Composición química		
	TR (min)	Compuesto	(%)
Chacco	20,5064	Hexadecano	3,850
	28,2095	Apiol	96,150
Luricocha	8,1696	γ-terpineno	0,665
	9,6544	α-pineno	0,154
	9,7911	Careno (delta-3)	0,226
	16,5200	α-ilangeno	1,045
	18,2470	Carifileno	1,277
	20,8900	Copaeno	7,609
	22,5760	(+) α-muuroleno	0,359
	28,2590	Apiol	88,665

Nota: n.i. es no identificado.

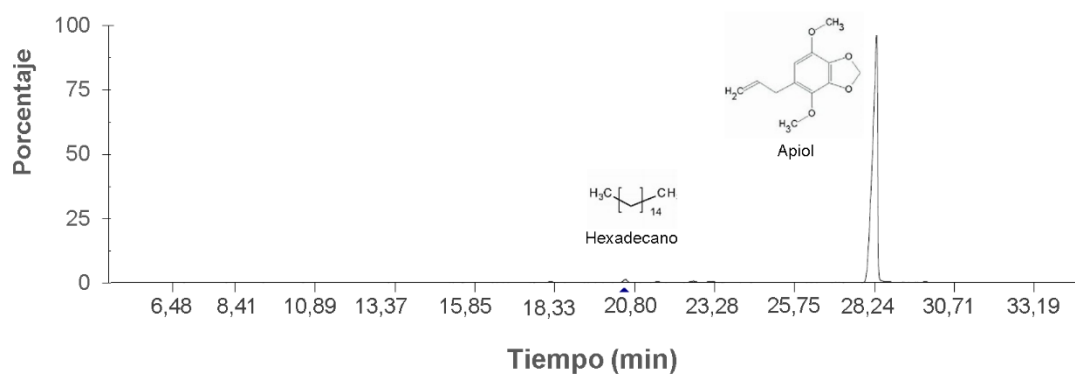


Figura 3. Cromatograma GC-MS del aceite esencial de hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en el anexo de Chacco del distrito de Quinua en Ayacucho.

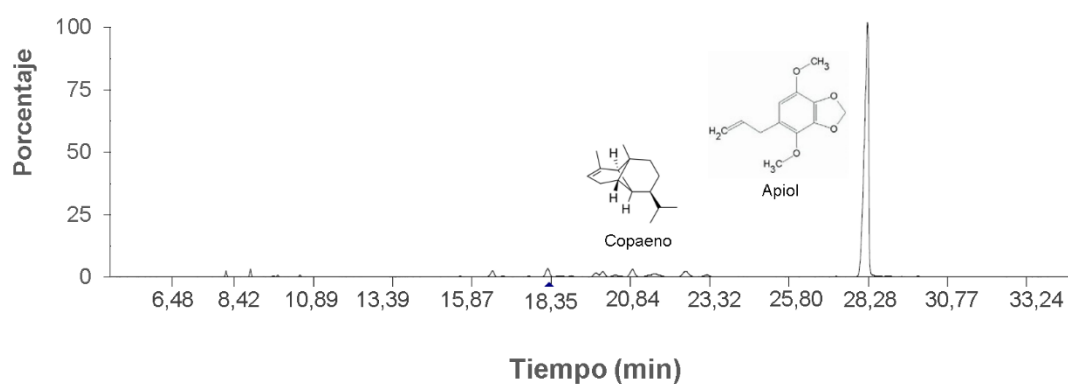


Figura 4. Cromatograma GC-MS del aceite esencial de hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en el distrito de Luricocha en Ayacucho.

Tabla 4. Contenido de fenoles y actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.

Parámetro	Procedencia	
	Chacco	Luricocha
TPC (mg GAE/g)	1,21 ± 0,018*	4,37 ± 0,021*
AA-DPPH (%)	42,63 ± 0,11	45,47 ± 0,08
AA-ABTS ^{•+} (%)	36,08 ± 0,12	79,34 ± 0,16
CE50-DPPH (mg/mL)	110,79 ± 0,41*	104,56 ± 0,12*
CE50-ABTS ^{•+} (mg/mL)	138,55 ± 0,53*	36,92 ± 0,15*

Nota: TPC: contenido de fenoles totales; mg GAE/g: miligramos equivalentes a ácido gálico por gramos de aceite esencial. AA: actividad antioxidante a 100 mg/mL. CE50 es la concentración eficiente antioxidante. Prueba de T de Student de muestras independientes al 95% de nivel de confianza: p-valor para TPC igual a 0,001; p-valor para AA-100-DPPH igual 0,001; p-valor para AA-100-ABTS igual 0,001 y p-valor para CE50 igual 0,001.

V. DISCUSIÓN

El análisis de los datos y la discusión correspondiente sobre la variabilidad del aceite esencial de *Piper elongatum* incluyen las características fisicoquímicas de las hojas y del aceite esencial, así como la composición química y la actividad antioxidante.

Respecto a las características fisicoquímicas de las hojas (Tabla 1), se evidencia que las hojas de *Piper elongatum* recolectadas en el anexo de Chacco y el distrito de Luricocha presentan una diferencia en el contenido de humedad. Las hojas procedentes de Chacco tienen un contenido de humedad ligeramente mayor (12,90%) en comparación con Luricocha (10,85%). Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa (p-valor igual a 0,250), lo que sugiere que las condiciones de recolección y secado no impactaron de manera considerable en este parámetro.

El rendimiento del aceite esencial fue muy similar en ambas procedencias: 7,83 mL/Kg para Chacco y 7,67 mL/Kg para Luricocha, sin una diferencia significativa (p-valor igual a 0,300). Esto indica que el lugar de recolección no influyó significativamente en la cantidad de aceite esencial obtenido por kilogramo de hojas secas.

Al comparar estos resultados con otros estudios, encontramos que los rendimientos observados en esta investigación son considerablemente mayores que los reportados por Bosquioli et al.,³ quienes obtuvieron 0,41% (~4,1 mL/Kg) de *Piper angustifolium* en Brasil. Asimismo, en Cuba, Abreu et al.¹² informaron un rendimiento de 0,66% (6,6 mL/kg), también inferior al rendimiento que obtuvimos. Aunque Ciccio et al.¹⁴ en Costa Rica informaron rendimientos de *Piper aduncum* entre 0,4% y 1,3% (~4-13 mL/Kg), lo que en su rango los valores obtenidos en este estudio son intermedios.

Sin embargo, en la Selva Central del Perú, Díaz Calderón⁹ reportó un rendimiento máximo de 1,87% (~18,7 mL/Kg), que es notablemente mayor al rendimiento de

este estudio. De igual manera, Maia et al.,¹⁰ en la región amazónica de Brasil, encontraron rendimientos de entre 1,2% y 3,4% (~12-34 mL/Kg), lo que muestra la variabilidad geográfica de los rendimientos de aceite esencial.

Estos resultados permiten ubicar esta investigación en un contexto más amplio, donde el rendimiento del aceite esencial de *Piper elongatum* parece estar influenciado por diversos factores ambientales y metodológicos, pero en este caso, la variabilidad geográfica no jugó un papel significativo.

Respecto a las características fisicoquímicas del aceite esencial (Tabla 2), se observan diferencias significativas en la densidad del aceite esencial (p-valor igual a 0,001), siendo mayor en las muestras de Chacco (1,1203 g/mL) en comparación con Luricocha (1,0498 g/mL). También hay diferencias significativas en el índice de refracción y el índice de rotación óptica entre ambas procedencias, lo que sugiere variabilidad en la naturaleza de los compuestos presentes en el aceite esencial de cada localidad.

La densidad es un parámetro clave en la caracterización de los aceites esenciales, ya que permite identificar posibles adulteraciones y verificar la pureza del aceite.^{41,42} La densidad de los aceites esenciales puede variar no solo por la composición química, sino también por factores como el proceso de extracción y las condiciones post-recolección.⁹ En este caso, la diferencia en la densidad observada entre las muestras de Chacco y Luricocha podría indicar que los aceites tienen perfiles químicos lo suficientemente distintos como para ser considerados como productos diferenciados, cada uno con aplicaciones potenciales específicas. El índice de refracción es un parámetro estándar en el análisis de aceites esenciales, utilizado para evaluar su pureza y calidad.^{41,42} Diferencias significativas en este valor pueden ser indicativas de cambios en la composición del aceite y la presencia de quimiotipos diferentes dentro de una misma especie.⁴² En el contexto de esta investigación, la diferencia observada en el índice de refracción refuerza la idea de que el aceite esencial de *Piper elongatum* de Luricocha y Chacco puede tener aplicaciones diferenciadas, dependiendo de sus propiedades ópticas y su composición química.

El índice de rotación óptica mide la capacidad de una sustancia para rotar el plano de la luz polarizada, lo que está relacionado directamente con la estructura tridimensional de las moléculas presentes en el aceite esencial y la concentración de compuestos quirales, como los monoterpenos y sesquiterpenos.⁴² Los resultados del estudio muestran que el aceite esencial de Chacco tiene un índice

de rotación positivo (+4.47°), mientras que en Luricocha se obtuvo un índice de rotación negativo (-7.37°), con una diferencia estadísticamente significativa (p-valor igual a 0,001). En este caso, los factores geográficos entre Chacco y Luricocha podrían estar favoreciendo la producción de compuestos quirales en Luricocha, lo que resulta en una rotación óptica negativa más pronunciada. Este tipo de variabilidad ha sido documentada en otras especies del género *Piper*, donde se observan cambios en la composición de terpenos y otros compuestos volátiles según las condiciones locales de crecimiento.^{6,10}

Al evaluar la composición química (Tabla 3), se muestra una clara variación entre ambas procedencias. En Chacco, el aceite esencial está compuesto casi en su totalidad por apiol (96,15%), mientras que en Luricocha el apiol es menor (88,66%), y se detectan otros compuestos, como γ -terpineno (0,665%), α -pineno (0,154%) y cariofileno (1,277%), entre otros. Según Potzemheim et al. (2012), los diferentes quimiotipos presentes en una misma especie pueden estar influenciados por factores ambientales, edáficos y altitudinales, lo que genera perfiles químicos distintos.

Al realizar un análisis combinado de los resultados del perfil químico con los valores de densidad del aceite esencial de ambos lugares, podemos referir que, el apiol es un fenilpropanoide con un peso molecular relativamente alto, lo que puede aumentar la densidad del aceite esencial, tal es el caso de la muestra de Chacco. En cambio, los otros compuestos presentes en el aceite esencial de Luricocha, como los terpenos (α -pineno, cariofileno, γ -terpineno), tienen un peso molecular más bajo en comparación con el apiol, lo que podría explicar la menor densidad observada en las muestras de Luricocha (1,0498 g/mL).

La variabilidad en los aceites esenciales se debe en gran parte a la diversidad en la biosíntesis de metabolitos secundarios, que pueden estar influenciados por la altitud y el tipo de suelo. Las plantas que crecen en Chacco (2453 m.s.n.m.) y Luricocha (2594 m.s.n.m.) están sometidas a diferentes condiciones de estrés ambiental, lo que podría alterar los mecanismos biosintéticos y favorecer la producción de ciertos compuestos en mayor cantidad.

Al respecto, la vía del fenilpropanoide, que produce apiol, parece estar más activa en las muestras de Chacco, lo que eleva la densidad del aceite esencial en esa localidad. En Luricocha, la mayor presencia de terpenos, compuestos derivados de la vía del mevalonato, podría estar asociada a un entorno de mayor altitud y condiciones ambientales específicas que favorecen la producción de compuestos

de menor densidad. Este tipo de variabilidad es consistente con estudios previos que destacan la relación entre el entorno geográfico y la composición de aceites esenciales en especies del género *Piper*.¹⁰

El índice de refracción es un parámetro físico importante para la caracterización de los aceites esenciales.⁴² Este valor está relacionado con la densidad óptica del aceite y, por tanto, con la cantidad y el tipo de compuestos presentes en la mezcla. En el estudio, se observó una diferencia significativa en el índice de refracción entre el aceite esencial de Chacco (1,5232) y el de Luricocha (1,5152), con un p-valor de 0,001, lo que indica una variación significativa. Cabe resaltar que el índice de refracción es sensible a la composición química de la muestra. Como se observó en la composición química de los aceites esenciales de ambas localidades, el aceite de Chacco contiene una proporción mucho mayor de apiol, mientras que en Luricocha, aunque el apiol sigue siendo dominante, hay una mayor cantidad de otros compuestos como terpenos (α -pineno, γ -terpineno y cariofileno). El apiol, un compuesto con una estructura más compleja y con mayor masa molecular, influye directamente en la densidad óptica del aceite, lo que explica el mayor índice de refracción en el aceite de Chacco. Por otro lado, los terpenos, presentes en mayor proporción en el aceite de Luricocha, tienen índices de refracción más bajos debido a su estructura molecular más ligera y menos compleja en comparación con el apiol. Esto explica por qué el índice de refracción en Luricocha es menor. Según lo indicado por Potzemheim et al.⁶ y Maia et al.¹⁰ la variabilidad en los aceites esenciales del género *Piper* puede estar relacionada con la influencia de factores ambientales y geográficos que afectan la biosíntesis de los componentes volátiles.

La rotación óptica está fuertemente influenciada por la presencia de compuestos quirales. En el aceite de Luricocha, se encontraron varios terpenos como α -pineno, careno y cariofileno, que son compuestos quirales y tienden a producir una rotación negativa en la luz polarizada. En contraste, el aceite de Chacco, que tiene una mayor proporción de apiol (un compuesto no quiral), muestra una rotación positiva más leve. Esta diferencia sugiere que la composición en terpenos de Luricocha es responsable de la rotación negativa observada. Según estudios previos, los aceites esenciales que contienen una mayor proporción de monoterpenos y sesquiterpenos tienden a mostrar rotaciones ópticas negativas debido a la disposición espacial de estos compuestos.¹⁸ Este hallazgo concuerda con el perfil químico del aceite esencial de Luricocha, que contiene más terpenos

quirales, mientras que el aceite de Chacco, con un contenido casi exclusivo de apiol, muestra una rotación positiva.

En conclusión, las diferencias significativas en la densidad del aceite esencial entre Chacco y Luricocha son coherentes con las variaciones en la composición química reportadas en el estudio, que a su vez están influenciadas por las condiciones geográficas y climáticas de cada localidad. Esto refuerza la importancia de realizar estudios detallados sobre la variabilidad regional de los aceites esenciales, para maximizar su aprovechamiento en aplicaciones comerciales y terapéuticas.

En este estudio también se evaluó la actividad antioxidante (Tabla 4), como parámetro para poder evidenciar variabilidad en el aceite esencial de *P. elongatum*. Así se pudo evidenciar que la actividad antioxidante medida a través de DPPH y ABTS revela que el aceite esencial de Luricocha tiene una mayor capacidad antioxidante en la prueba ABTS (79,34%) en comparación con Chacco (36,08%). Además, el contenido de fenoles totales (TPC) es significativamente mayor en Luricocha (4,37 mg GAE/g) que en Chacco (1,21 mg GAE/g). Estos resultados sugieren que el aceite esencial de Luricocha podría tener un mayor potencial antioxidante, posiblemente debido a la mayor presencia de compuestos fenólicos.

La variabilidad observada en los parámetros fisicoquímicos y en la composición química de los aceites esenciales de *Piper elongatum* puede explicarse por las condiciones ambientales, edafológicas y altitudinales de cada zona.

Según estudios previos sobre la familia Piperaceae y otras especies del género, la variación en los metabolitos secundarios, como los terpenos y fenilpropanoides, está altamente influenciada por el ambiente de crecimiento, generando diferentes quimiotipos.^{6,10} La mayor proporción de apiol en Chacco sugiere que esta zona podría estar generando un quimiotipo más homogéneo, mientras que Luricocha muestra una mayor diversidad de compuestos químicos.

Además, los resultados en cuanto a la actividad antioxidante se alinean con investigaciones anteriores, donde se ha reportado que la variabilidad en el contenido de fenoles puede influir significativamente en las propiedades antioxidantes del aceite esencial.¹⁸ La mayor concentración de fenoles en el aceite de Luricocha podría estar contribuyendo a su mayor actividad antioxidante, lo cual sería relevante para aplicaciones en la industria farmacéutica y alimentaria.

Estos resultados resaltan la importancia de considerar la procedencia geográfica al evaluar la composición química y las propiedades bioactivas del aceite esencial de *Piper elongatum*, ya que la variabilidad entre quimiotipos podría tener implicaciones significativas en su uso terapéutico y comercial.

VI. CONCLUSIONES

1. Existe variabilidad en las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de las hojas de *Piper elongatum* recolectadas en las regiones de Chacco y Luricocha del departamento de Ayacucho. Las diferencias más notables incluyen variaciones en la densidad, índice de refracción e índice de rotación óptica del aceite esencial, así como diferencias en su composición química predominante y la actividad antioxidante.
2. La humedad de las hojas y el rendimiento del aceite esencial obtenido de *Piper elongatum* no presentan una diferencia significativa entre las muestras de Chacco (7,83 mL/Kg) y Luricocha (7,67 mL/Kg).
3. Se observaron diferencias significativas en las características fisicoquímicas, como la densidad (mayor en Chacco) y los índices de refracción y rotación óptica, que también variaron significativamente entre las muestras de Chacco y Luricocha.
4. La composición química del aceite esencial de Chacco estuvo dominada por apiol (96,15%), mientras que el aceite de Luricocha mostró una menor concentración de apiol (88,66%) y una mayor diversidad de compuestos, incluidos terpenos como el α -pineno y el cariofileno.
5. El aceite esencial de *Piper elongatum* de Luricocha presenta un contenido significativamente mayor de fenoles totales (4,37 mg GAE/g) en comparación con el de Chacco (1,21 mg GAE/g), lo que se correlaciona con su mayor capacidad antioxidante en la prueba de ABTS.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios a mayor escala que incluyan otras regiones geográficas para profundizar en la variabilidad de los quimiotipos de *Piper elongatum*.
2. Evaluar el potencial farmacológico del aceite esencial de Luricocha, dada su mayor actividad antioxidante y contenido fenólico.
3. Explorar aplicaciones comerciales diferenciadas para los aceites esenciales de cada localidad, enfocándose en los compuestos volátiles predominantes.
4. Desarrollar estrategias de manejo agrícola que optimicen la producción de aceites esenciales con perfiles químicos específicos para aplicaciones terapéuticas y cosméticas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Mostacero León J. *Plantas medicinales del Perú: Taxonomía, ecogeografía, fenología y etnobotánica*. 1ª ed. Trujillo (Perú): Asamblea Nacional de Rectores, Instituto de Estudios Universitarios "José Antonio Encinas", 2011.
2. Tirillini B, Velasquez ER and Pellegrino R. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Piper angustifolium*. *Planta Med* 1996; 62: 372–373.
3. Bosquirolí 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.
4. Cornejo Alarcón V. *Las plantas y sus utilidades*. Ayacucho, 1983.
5. Flores Palacios K and Puente Puente MR. *Actividad antibacteriana del aceite esencial de Piper aduncum "matico" sobre Escherichia coli*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes. Huancayo-Perú, 2016.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Morocco Quispe SK. *Caracterización micro histológica físico y químico del aceite de matico (Piper aduncum), extraído por arrastre de vapor en un equipo modular*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Puno-Perú, 2017.

12. Abreu O and Pino JA. Leaf Oil Composition of *Piper aduncum* subsp. *ossanum* (C. CD.) Saralegui from Cuba. *Natural Product Communications* 2008; 3: 271–273, <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/1934578X0800300234> (2008).
13. Masuoka C, Ono M, Ito. Yasuyuki, et al. Antioxidative, Antihyaluronidase and Antityrosinase Activities of Some Constituents from the Aerial Part of *Piper elongatum* VAHL. *Food Sci. Technol. Res.*, 2003; 9: 197–201,
14. Ciccio JF and Ballesteros CM. Constituyentes volátiles de las hojas y espigas de *Piper aduncum* (piperaceae) de Costa Rica. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. 1997; 45: 783–790.
15. Hermoso A, Jimenez I, Mamani ZA, et al. Antileishmanial activities of dihydrochalcones from *Piper elongatum* and synthetic related compounds. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 2003; 11: 3975–3980.
16. Rodríguez-Lizana Maritza and Ochoa-Yupanqui Walter. Actividad biocida del extracto crudo etanólico crudo del *Piper elongatum* “Matico” en cervicitis en mujeres en edad fértil, como alternativa terapéutica. *Journal of the Selva Andina Research Society* 2020; 11: 29–37, http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v11n1/v11n1_a04.pdf (2020).
17. 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.
18. 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.
19. Assunção JAeS, Da Marcelino DS, Felisberto JRS, et al. Effects of postharvest UV-C irradiation on essential oils from leaves of *Piper aduncum* L. for industrial and medicinal use. *Industrial Crops and Products* 2023; 203: 117216.
20. 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.
21. Kant R and Kumar A. Advancements in steam distillation system for oil extraction from peppermint leaves. *Materials Today: Proceedings* 2021; 47: 5794–5799.
22. 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.
23. 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.
 24. Afzal A, Munir A, Ghafoor A, et al. Development of hybrid solar distillation system for essential oil extraction. *Renewable Energy* 2017; 113: 22–29.
 25. 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.
 26. 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.
 27. dos Santos PR, Andrade Porto SM de, Brandão FR, et al. Efficacy of the essential oils of *Aloysia triphylla*, *Lippia gracilis* and *Piper aduncum* in the control of *Piscinoodinium pillulare* (Shaperclaus, 1954) in *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). *Aquaculture* 2023; 565: 739127.
 28. Miguel MG. Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review. *Molecules* 2010; 15: 9252–9287.
 29. Brochot A, Guilbot A, Haddioui L, et al. Antibacterial, antifungal, and antiviral effects of three essential oil blends. *Microbiologyopen* 2017; 6.
 30. 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.
 31. 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.
 32. Mothana RA, Al-Said MS, Al-Yahya MA, et al. GC and GC/MS analysis of essential oil composition of the endemic *Soqotraen Leucas virgata* Balf.f. and its antimicrobial and antioxidant activities. *Int J Mol Sci* 2013; 14: 23129–23139.
 33. 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.
 34. 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.

35. 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.
36. 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.
37. 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.
38. Patel MK, Pandey S, Kumar M, et al. Plants Metabolome Study: Emerging Tools and Techniques. *Plants (Basel)* 2021; 10.
39. 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.
40. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C and Del Baptista Lucio MP. *Metodología de la investigación*. 5a ed. México, D.F.: McGraw-Hill, 2010.
41. Council of Europe. *European Pharmacopoeia*. 10a ed. Strasbourg, 2019.
42. Vanaclocha B and Cañigueral i Folcarà S. *Fitoterapia: Vademécum de prescripción*. 5a. ed. Barcelona: Elsevier, D.L. 2019.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Identificación taxonómica de *Piper elongatum* Vahl. procedente del anexo de Chacco, distrito de Quinua en el departamento de Ayacucho.

CONSTANCIA

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

Que, el Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fitomedicamentos, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal con fines de investigación.

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.	:	"matico

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 11 de abril de 2023


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

Anexo 2. Identificación taxonómica de *Piper aduncum* L. procedente del distrito de Luricocha de la provincia de Huanta en el departamento de Ayacucho.

CONSTANCIA

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

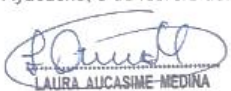
Que, el Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fito medicamentos "Marco A. Garrido Malo", ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de Investigación.

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

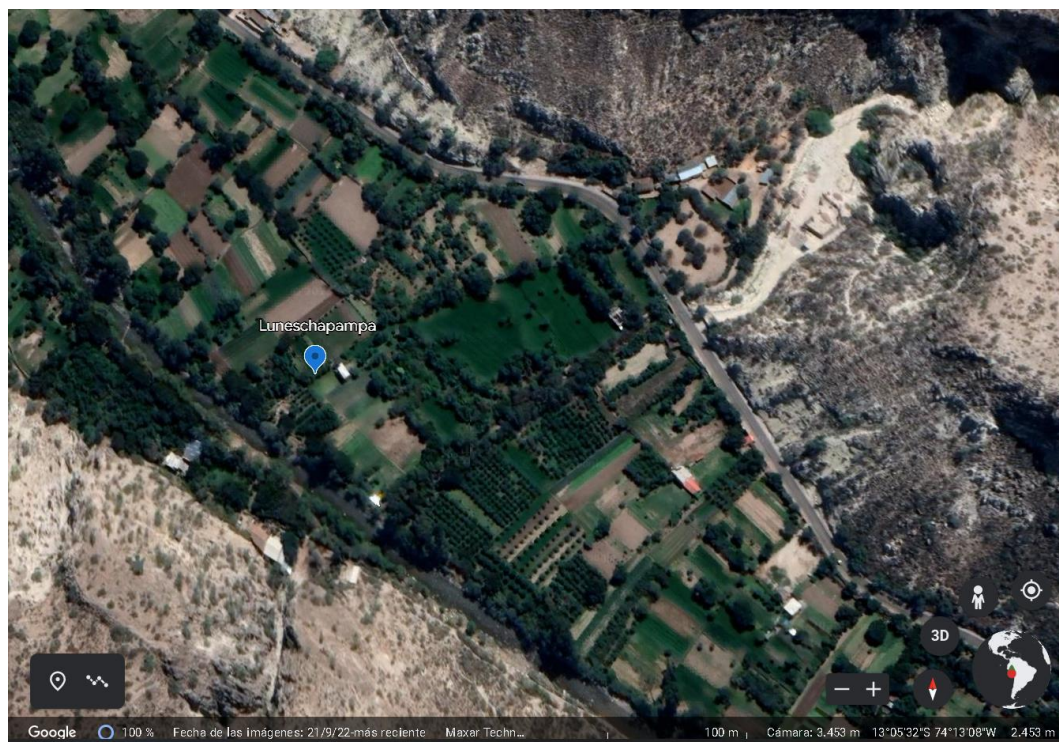
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	PIPERALES
FAMILIA	:	PIPERACEAE
GENERO	:	<i>Piper aduncum</i> L.
SINONIMO	:	<i>Piper elongatum</i>
N.V.	:	"matico"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

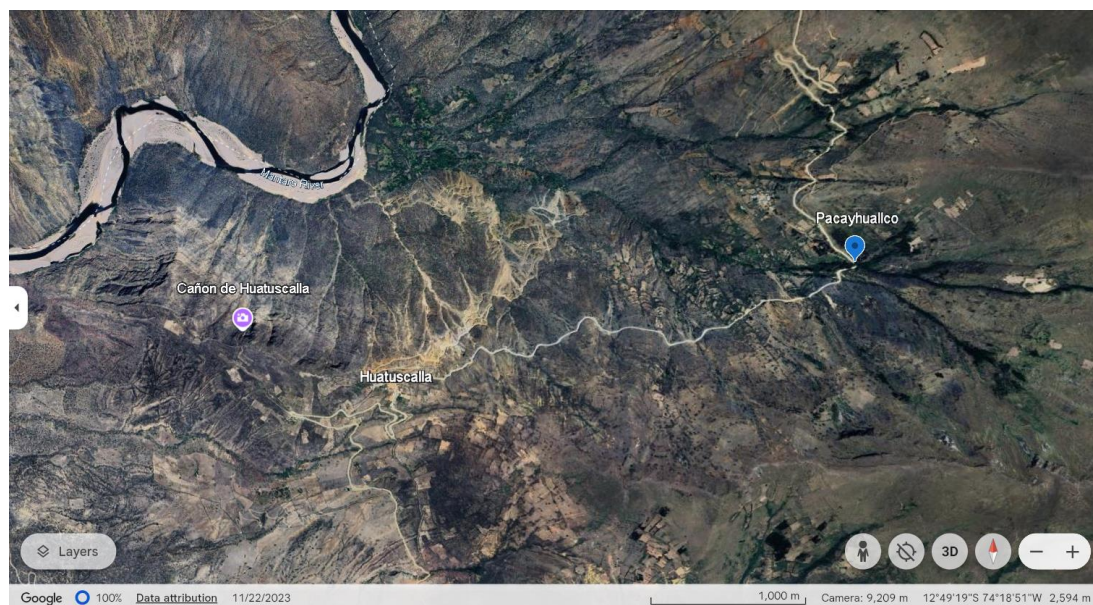
Ayacucho, 8 de febrero del 2024


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

Anexo 3. Ubicación del anexo de Chacco, del distrito de Quinua, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.



Anexo 4. Ubicación del distrito de Luricocha, provincia de Huanta, departamento de Ayacucho.



Anexo 5. Datos estadísticos descriptivos de las características fisicoquímicas, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de las hojas y aceites esenciales de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.

Estadísticas de grupo					
	Procedencia	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Humedad	Chacco	3	12,90	2,579	1,489
	Luricocha	3	10,85	0,588	0,339
Rendimiento	Chacco	3	7,83	1,041	0,601
	Luricocha	3	7,67	0,764	0,441
Densidad	Chacco	3	1,12	0,004	0,002
	Luricocha	3	1,05	0,000	0,001
Índice de refracción	Chacco	3	1,52	0,000	0,001
	Luricocha	3	1,52	0,000	0,001
Índice de rotación	Chacco	3	4,47	0,058	0,033
	Luricocha	3	-7,37	0,058	0,033
TPC	Chacco	3	1,20	0,001	0,001
	Luricocha	3	4,37	0,058	0,033
AA-100-DPPH	Chacco	3	42,63	0,219	0,127
	Luricocha	3	45,47	0,162	0,093
AA-100-ABTS	Chacco	3	36,08	0,248	0,143
	Luricocha	3	79,35	0,335	0,193
CE50-DPPH	Chacco	3	110,80	0,693	0,400
	Luricocha	3	104,57	0,231	0,133
CE50-ABTS	Chacco	3	138,54	0,924	0,533
	Luricocha	3	36,92	0,260	0,150

Nota: AA-100 es la actividad antioxidante a 100 mg/mL. CE50 es la concentración eficiente antioxidante en mg/mL.

Anexo 6. Comparación de medias de los valores de las características fisicoquímicas, contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de las hojas y aceites esenciales de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene		Prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Humedad	Se asumen varianzas iguales	8,99	0,04	1,3	4	0,250	2,05	1,53	-2,19	6,29
	No se asumen varianzas iguales			1,3	2,2	0,300	2,05	1,53	-3,96	8,07
Rendimiento	Se asumen varianzas iguales	0,50	0,52	0,2	4,0	0,834	0,17	0,75	-1,90	2,24
	No se asumen varianzas iguales			0,2	3,7	0,835	0,17	0,75	-1,98	2,31
Densidad	Se asumen varianzas iguales	12,75	0,02	30,7	4,0	0,001	0,07	0,01	0,06	0,08
	No se asumen varianzas iguales			30,7	2,0	0,001	0,07	0,01	0,06	0,08
Índice de refracción	Se asumen varianzas iguales	2,29	0,21	59,7	4,0	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01
	No se asumen varianzas iguales			59,7	2,9	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01
Índice de rotación	Se asumen varianzas iguales	0,01	1,00	251,0	4,0	0,001	11,83	0,05	11,70	11,96
	No se asumen varianzas iguales			251,0	4,0	0,001	11,83	0,05	11,70	11,96
TPC	Se asumen varianzas iguales	16,00	0,016	-95,0	4,0	0,001	-3,17	0,03	-3,26	-3,07
	No se asumen varianzas iguales	-	-	-95,0	2,0	0,001	-3,17	0,03	-3,31	-3,02
AA-100-DPPH	Se asumen varianzas iguales	0,72	0,44	-18,1	4,0	0,001	-2,85	0,16	-3,28	-2,41
	No se asumen varianzas iguales			-18,1	3,7	0,001	-2,85	0,16	-3,30	-2,39
AA-100-ABTS	Se asumen varianzas iguales	0,69	0,45	-	4,0	0,001	-43,27	0,24	-43,94	-42,60
	No se asumen varianzas iguales			179,8	3,7	0,001	-43,27	0,24	-43,96	-42,58
CE50-DPPH	Se asumen varianzas iguales	6,40	0,06	14,8	4,0	0,001	6,23	0,42	5,06	7,40
	No se asumen varianzas iguales			14,8	2,4	0,002	6,23	0,42	4,70	7,77

CE50-ABTS	Se asumen varianzas iguales	7,66	0,05	183,4	4,0	0,000	101,62	0,55	100,09	103,16
	No se asumen varianzas iguales			183,4	2,3	0,000	101,62	0,55	99,52	103,72

Anexo 7. Galería de fotos del estudio de las características fisicoquímicas de las hojas y el aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la Región de Ayacucho.



Molienda 1



Molienda 2



Hojas molidas



Determinación de humedad en termobalanza



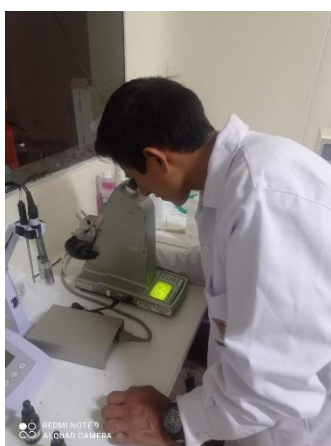
Extracción del aceite esencial por hidrodestilación con el equipo de Clevenger



Obtención de aceites esenciales pesados



Determinación de la densidad



Determinación del índice de refracción



Determinación del índice de rotación

Anexo 8. Matriz de definición y operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Procedencia	Es el lugar donde crece la especie vegetal. Que, según sus condiciones geográficas, determina su composición cuali-cuantitativa.	Se determinar según su ubicación, en razón a su altitud y latitud.
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.
Composición química	Es la composición química cuali cuantitativa del aceite esencial.	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.

Anexo 9. Matriz de consistencia

Título	Problema	Objetivos	Variables	Hipótesis	Metodología
Variabilidad del contenido del aceite esencial de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la región de Ayacucho.	¿Las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl varían según el lugar que crecen en la región de Ayacucho?	Objetivos generales Determinar la variabilidad de las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en la región de Ayacucho Objetivos específicos a. Evaluar las características fisicoquímicas de las hojas de <i>P. elongatum</i> según el lugar de procedencia. b. Evaluar las características fisicoquímicas del aceite esencial obtenido de las hojas de <i>P. elongatum</i> según el lugar de procedencia. c. Evaluar la composición química del aceite esencial obtenido de las hojas de <i>P. elongatum</i> Vahl. según el lugar de procedencia. d. Evaluar el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante del aceite esencial obtenido de las hojas de <i>P. elongatum</i> Vahl. según el lugar de procedencia	Variable independiente Procedencia. Indicadores: Altitud, latitud Variable dependiente a) Características físicas. Indicadores: Densidad, índice de refracción, índice de rotación. b) Composición química. Indicadores: Tiempo de retención, peso molecular.	Las características fisicoquímicas y la composición química del aceite esencial de las hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. varían según el lugar donde crece.	Tipo de investigación Básica. Población Hojas de <i>Piper aduncum</i> L. que crecen en la región de Ayacucho. Muestra 02 kilos de hojas de <i>Piper elongatum</i> Vahl. que crecen en el anexo de Chacco y el distrito de Luricocha. Procedimiento para la recolección de datos El aceite esencial se obtendrá por hidrodestilación. 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 T de Student con un nivel de confianza del 95%



Firmado digitalmente
por Mg. Q.F. Stephany
M. Baraban Vilcatoma
Fecha: 2024.10.21
17:14:34 -05'00'



Firmado
digitalmente por
Marco R. Aronés Jara
Fecha: 2024.10.21
23:26:42 -05'00'



Firmado
digitalmente por
Roxana León Aronés
Fecha: 2024.10.22
14:14:51 -05'00'

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1177-2024-UNSCH-FCSA-D

BACHILLER: Magno MAURICIO ROJAS

En la ciudad de Ayacucho, siendo las nueve de la mañana del día quince de noviembre de dos mil veinticuatro, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Ciencias de la Salud los docentes miembros del jurado evaluador de sustentación, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: **Variabilidad del contenido del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la región de Ayacucho** presentado por el bachiller Magno Mauricio Rojas para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. El Jurado evaluador de sustentación está conformado por:

Presidente : Prof. José Alejandro YARLEQUÉ MUJICA

Miembros : Prof. Kirianova GODOY BAUTISTA
: Prof. Roxana LEÓN ARONÉS

4to jurado : Prof. Mónica GÓMEZ QUISPE

Asesor : Prof. Marco Rolando ARONÉS JARA

Secretaria Docente: Liselly Elvira CHAUCA RETAMOZO

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

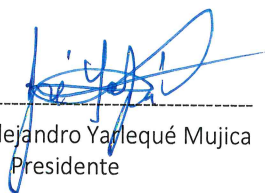
Da inicio la exposición el Bachiller: Magno MAURICIO ROJAS; y, una vez concluida la exposición, el presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas. Acto seguido, después de realizar algunas observaciones, da pase al asesor de tesis profesor Marco. R. Aronés Jara para que pueda realizar algunas aclaraciones y comentarios.

Concluida la ronda de preguntas, el presidente invita al sustentante para abandonar el auditorio y se pueda proceder con la calificación.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN FINAL

JURADOS	TEXTO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	P. FINAL
Prof. Kirianova Godoy Bautista	17	16	15	16
Prof. Roxana León Aronés	17	17	17	17
Prof. Mónica Gómez Quispe	17	17	16	17
PROMEDIO FINAL:			17	

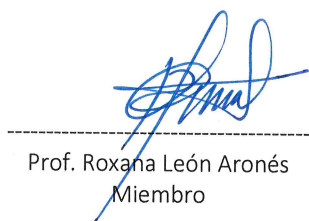
De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar al Bachiller **Magno MAURICIO ROJAS**, quien obtuvo la nota final de **Diecisiete (17)**, para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente. Siendo las 11:00 h del día, se da por concluido el presente acto académico.



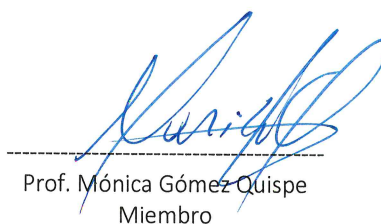
Prof. José Alejandro Yarlequé Mujica
Presidente



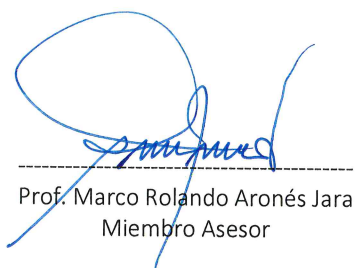
Prof. Kirianova Godoy Bautista
Miembro



Prof. Roxana León Aronés
Miembro



Prof. Mónica Gómez Quispe
Miembro



Prof. Marco Rolando Aronés Jara
Miembro Asesor



Prof. Liselly Elvira Chauca Retamozo
Secretaria Docente



UNSCH

FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD SEGUNDA INSTANCIA:
TESIS DE PREGRADO

(C°48-2024-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:

Variabilidad del contenido del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la región de Ayacucho

**Para optar el título profesional de: QUÍMICO FARMACÉUTICO
PRESENTADO POR: Bach. Magno MAURICIO ROJAS**

Ha sido sometido al análisis mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **29% 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, 21 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.

Variabilidad del contenido del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la región de Ayacucho

por Magno MAURICIO ROJAS

Fecha de entrega: 21-oct-2024 07:33a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2492298811

Nombre del archivo: Tesis_Magno_MAUICIO_ROJAS.pdf (1.63M)

Total de palabras: 12403

Total de caracteres: 65093

Variabilidad del contenido del aceite esencial de *Piper elongatum* Vahl. que crecen en la región de Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

27%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	26%
2	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
3	1library.co Fuente de Internet	<1%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad de Las Palmas de Gran Canaria Trabajo del estudiante	<1%
8	www.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo