



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

CARRERA DE BIOQUÍMICA FARMACIA

**Investigación bibliográfica de la química de los
metabolitos fijos y volátiles de especies del género Piper
en el Ecuador**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

Autor: Sigcho Gaona, Elvis Jackson

Director: Ramírez Robles, Jorge Yandry

LOJA

2024



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2024

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 10 de febrero 2024

Magister

Claudia Teresa Cruz Erazo

Directora de carrera de Bioquímica y Farmacia

Ciudad. –

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: Investigación bibliográfica de la química de los metabolitos fijos y volátiles de especies del género Piper en el Ecuador, realizado por Elvis Jackson Sigcho Gaona, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. Por ello, y por considerar que cumple con los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación para continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director del Trabajo de Titulación

Dr. Jorge Yandry Ramírez Robles

C.I.: 1103536411

Correo electrónico: jyramirez@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

“Yo, Elvis Jackson Sigcho Gaona, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Titulación denominado Investigación bibliográfica de la química de los metabolitos fijos y volátiles de especies del género Piper en el Ecuador, específicamente de los contenidos comprendidos en: Capítulo 1. Marco teórico antecedentes, Capítulo 2. Materiales y métodos. Metodología de la investigación, Capítulo 3. Resultados y Discusión, Capítulo 4. Conclusiones y Recomendaciones, Dr. Jorge Yandry Ramírez Robles, director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, con relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”, en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Elvis Jackson Sigcho Gaona

C.I.:1104118755

Correo electrónico: ejsigcho@utpl.edu.ec

Dedicatoria

La presente dedicatoria en primer lugar es para Dios y en segundo lugar mi familia, gracias por la dedicación, esfuerzo y confianza que colocaron sobre mis hombros para culminar esta carrera que ha sido de altos y bajos, pero siempre con pie firme y el propósito de continuar adelante sin importar los obstáculos puestos delante de mí.

También quiero agradecer de una manera muy especial a mi novia Liliana Guamán que ha sido parte fundamental en el desarrollo de mi proyecto de tesis, manteniendo esa fe inquebrantable en mí y siempre mostrando su apoyo emocional y moral de manera indispensable durante toda mi carrera y formación estudiantil.

Quiero agradecer también a mis hijas que han sido parte indispensable en este proceso, manteniendo su apoyo y su amor durante mi vida estudiantil.

Elvis Sigcho G.

Agradecimiento

Mi agradecimiento infinitamente a Dios por haberme guiado e iluminado en cada paso de mi vida permitiéndome cumplir todo lo propuesto.

A mis hijas les agradezco que todos los días me dan la fuerza para continuar luchando por un futuro próspero para ambas.

A mis padres y hermano les agradezco el tiempo, dedicación y voluntad que han tenido para conmigo en todo mi trayecto universitario.

A mi director de tesis Dr. Jorge Ramírez por su dedicación, paciencia, tiempo, le agradezco infinitamente. Gracias por compartirme sus conocimientos y experiencias imprescindibles para realizar este proyecto.

Al Dr. Chabaco Armijos y Dr. Vladimir Morocho por brindarme sus recomendaciones, tiempo y conocimientos, demostrando el humanismo y profesionalismo que poseen.

A mi segunda familia mis amigos aquellos con los que he compartido conocimientos y vivencias, que han hecho de mi vida universitaria una forma agradable para llegar a conseguir mis sueños.

Gracias infinitas

Índice de contenidos

Caratula	1
Aprobación del director del Trabajo de Titulación...	2
Declaración de autoría y cesión de derechos	3
Dedicatoria	5
Agradecimiento	6
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Capítulo uno	14
Marco teórico	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Riqueza en el Ecuador	14
1.3 Genero <i>Piper</i>	15
1.3.1 Características morfológicas del género <i>Piper</i>	15
1.3.2 Uso del género <i>Piper</i>	17
1.3.3 Estudios químicos del género <i>Piper</i>	18
2.1 Metabolitos volátiles	19
2.2 Metabolitos fijos	21
Capítulo dos	22
Metodología	22
Capítulo tres	23
Resultados y Discusión	23
3.1 <i>Piper ecuadorensis</i> (Matico de monte)	26
3.2 <i>Piper peltatum</i>	29
3.3 <i>Piper lanceifolium</i> Kunth	31
3.4 <i>Piper nigrum</i>	33

3.5 Piper barbatum Kunth	34
3.6 Piper crassinervium Kunth	35
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias	39

Índice de tablas**Tabla 1.** Diferentes especies del género *Piper* en el Ecuador

10

Índice de figuras

Figura 1 Características morfológicas de especies del género Piper	6
Figura 2 Piperina	17
Figura 3 Piperlonguminina	17
Figura 4 Bicyclogermacreno	17
Figura 5 3 tujopsana	18
Figura 6 α -felandreno	18
Figura 7 Pinostrobinina	18
Figura 8 Pinocembrina	19
Figura 9 Piperina	20
Figura 10 Piplartina	20
Figura 11 (E)-Cariofileno	20
Figura 12 Chamigreno	21
Figura 13 (E)-Nerolidol	21
Figura 14 Piplartina	22
Figura 15 Safrol	22
Figura 16 Apiole	22
Figura 17 γ -terpineno	23
Figura 18 epi- α -cadinol	23
Figura 19 Piperina	24
Figura 20 Piperina	25
Figura 21 Piplartina	25

Resumen

El Ecuador es considerado un país que cuenta con la mayor biodiversidad de especies vegetales, lo que lo sitúa en la sexta posición del mundo. El género *Piper* en el Ecuador está constituido por alrededor de 157 especies nativas y 61 endémicas, las mismas son plantas pan tropicales las cuales representan una fuente rica de nuevas especies biológicamente activas de productos naturales. Estos productos naturales contienen fenipropanoides, amidas, imidas, lignanos, neolignanos, terpenoides, pironas y flavonoides. El objetivo del presente trabajo es la recopilación de información bibliográfica de metabolitos fijos y volátiles del género *Piper* en nuestro país Ecuador, con el propósito de conocer de una manera más amplia y precisa su importancia, tomando en cuenta que esta especie es de trascendencia y de gran utilidad, dentro del campo médico, alimentario y cosmético para lo cual mediante una revisión sistemática por diferentes sitios web y revistas indexadas se recopiló datos de relevancia para tener un compendio de información.

Palabras claves: Piper, compuestos fijos, compuestos volátiles.

Abstract

Ecuador, which is ranked sixth in the world, is thought to have the most biodiversity of plant species. In Ecuador, the pantropical plant genus *Piper* has approximately 157 native species and 61 endemic species. These species offer a plethora of novel biologically active natural compounds. Phenipropanoids, amides, imides, lignans, neolignans, terpenoids, pyrons, and flavonoids are all present in these natural compounds. The fore, the aim of this study is to compile bibliographic data on the fixed and volatile metabolites of the species *Piper* in Ecuador in order to gain a more comprehensive understanding of their significance given that this species is transcendent and extremely useful in the culinary, medicine, and cosmetic industries, pertinent material was gathered to create a compendium of knowledge through a systematic review conducted by several websites and indexed publications.

Keywords: *Piper*, fixed compounds, volatile compounds.

Introducción

Ecuador es uno de los 17 países mega diversos del planeta, el país ocupa el octavo lugar a nivel mundial en biodiversidad total (WWF, 2022). El género *Piper* pertenece a la familia (Piperaceae) está compuesta por alrededor de 2000 especies (Garden, 2020), en el Ecuador el género *Piper* cuenta con 157 especies nativas y 61 endémicas (León-Yáñez, 2019). Son plantas pan tropicales las cuales representan una fuente rica de nuevas especies biológicamente activas de productos naturales. Estos productos naturales contienen fenipropanoides, amidas, imidas, lignanos, neolignanos, terpenoides, pironas y flavonoides (Kato & Furlan, 2007).

Piperaceae es una familia vegetal de las más extendidas en el planeta, algunos investigadores le han datado más de 3500 especies, cinco géneros y tres subfamilias registradas en la actualidad, mientras que al género *Piper*, el mayor género de la familia, le atribuyen alrededor de 2000, un género tan antiguo y prolífico en especies haya desarrollado en su evolución diferentes mecanismos de sobrevivencia para defenderse, reproducirse, adaptarse y pervivir, pues en la actualidad algunos son frútices y una gran parte paleo hierbas, muchos de estos mecanismos existen gracias a metabolitos secundarios (Carlomagno Solórzano López, 2022).

Otra característica de este género es que poseen efectos antibacterianos, antifúngicos, antiinflamatorios, desinfectante, antiparasitario, entre otros (Salehi B, 2019). El presente trabajo investigativo tiene como objetivo la recopilación de información bibliográfica de metabolitos fijos y volátiles del género *Piper* en nuestro país Ecuador, con el propósito de conocer de una manera más amplia y precisa su importancia, tomando en cuenta que esta especie es de trascendencia y de gran utilidad, dentro del campo médico, alimentario y cosmético.

El capítulo tres, donde se expone la fundamentación teórica que sustenta la investigación, se refiere a una descripción del género Piper; el segundo, a aspectos metodológicos del estudio; y el tercero, a los resultados de la revisión bibliográfica.

Capítulo uno

Marco teórico

1.1 Antecedentes

Ecuador posee un 10% de todas las especies de plantas, 18% de todas las aves y 8% del total de especies animales que existen en el planeta. De estos últimos, 3800 especies de vertebrados se han identificado (Pilco, Vinueza, & Acosta, 2014).

Para *Piper* y *Peperomia*, pocas son las especies de la familia con amplia distribución en el Ecuador, la mayor parte exhiben áreas de distribución restringidas, se conocen en promedio de menos de diez registros y han sido descritas en los últimos 100 años. Claramente, la conservación en *Piper* y *Peperomia* reviste un interés especial, tanto desde el punto de vista filogenético como también porque el grupo, dada su alta diversidad y extensa distribución, es fuente importante de información para inferir la historia de las biotas neotropicales (León-Yáñez, 2019)

En Ecuador es frecuente que la población haga uso de la medicina tradicional que la realizada de manera sintética, de todas las especies vegetales que se emplean, se encuentra la familia *Piperaceae* que incluye 14 géneros (Andrade, Armijos, Malagón, & Lucero, 2009), siendo los más abundantes *Piper* y *Peperomia* con 700 y 600 especies, respectivamente (López & Sheng, 2002).

1.2 Riqueza en el Ecuador

En Ecuador el género *Piper* cuenta con 157 especies nativas y 61 endémicas (León-Yáñez, 2019). Es por esto por lo que estas especies son ampliamente usadas en la medicina tradicional por sus efectos antibacterianos, antifúngicos y desinfectantes, además previenen el dolor de estómago, alivian los síntomas de la gastritis, gripe, reumatismo, tos, dolor de cabeza, problemas de piel y próstata (Tene, Malagón, Vita Finzi, & Armijos, 2006).

La gran variabilidad del género *Piper* en la región sur, particularmente en Ecuador y Perú se expresa en la documentación de la diversidad vegetal y fitoquímica que se reconoce como un componente importante para comprender las interacciones entre plantas, herbívoros y depredadores, y para comprender la evolución de la biodiversidad. Los estudios ecológicos, evolutivos y fitoquímicos en curso que se centran en el género de plantas *Piper* han revelado una red de interacciones complejas en las que la fitoquímica de las plantas tiene un impacto evolutivo en múltiples niveles tróficos. (Tepe, 2014).

Piper tiene una extensa historia de inestabilidad taxonómica y nomenclatural. La descripción de nuevas especies, a partir de ejemplares incompletos, ha llevado a la publicación de nombres superfluos que luego han de ser sumergidos en la sinonimia. Según, (Trujillo, 2022). La presente contribución describe cuatro nuevas especies de *Piper* colocó a *Piper hoyoscardozii* y *Piper nokaidoyitau* dentro del claro *Rádula*, especies de *Piper indivasii* dentro de *Oxodium* y *Piper velae* de muestras obtenidas en las vertientes amazónicas de los Andes en, Ecuador.

1.3 Genero *Piper*

1.3.1 Características morfológicas del género *Piper*

Las especies de *Piper* son plantas leñosas y tienen hábitos diversos, incluyendo arbustos (la mayoría), lianas y árboles pequeños. Tienen hojas simples, alternas, tallos articulados y nudos ensanchados. La anatomía del tallo es inusual en dicotiledóneas. Muchas especies de *Piper* son aromáticas, algunas de gran manera, porque tienen células de aceite etéreo en sus tejidos. Muchos o quizás la mayoría producen cuerpos de perlas en sus hojas, tallos o peciolos. En algunas especies, estos órganos son utilizados como alimento por hormigas mutualistas (Dyer, L, & Palmer, 2004)

Los tallos de la mayoría de las especies presentan nudos, engrosados y prominentes; su fruto es una drupa a menudo carnosa, y que contiene una semilla de variada forma y tamaño. La forma del fruto y la presencia o ausencia de un estilo son también caracteres del género. Las flores se organizan en inflorescencias espiciformes (aspecto de espiga), generalmente opuestas a las hojas y raramente agrupadas en la inflorescencia en la que todas las flores se insertan en un mismo punto de su eje. (León-Yáñez, 2019)

Piper se caracteriza por hojas simples, alternas y tallos articulados con nudos agrandados; Muchas especies producen cuerpos perlados en las hojas o tallos, pero la característica morfológica más distintiva del género es la producción de espigas solitarias, erguidas o colgantes, que contienen de decenas a miles de flores apétalas. Muchas especies de *Piper* son ricas en aceites esenciales, que se pueden encontrar en muchos tejidos y órganos, incluidos frutos, semillas, hojas, ramas, raíces y tallos (Trujillo, 2022).

La estructura floral *Piper* parece estar influenciada por el empaquetamiento de las flores en la inflorescencia. Las flores dispuestas de forma suelta tienen un número inestable de carpelos (que varían entre tres y cuatro) y las flores muy congestionadas siempre tienen tres. De manera similar, las flores dispuestas de manera laxa tienen, en general, un mayor número de estambres. (p. ej., *P. amalago* tiene seis estambres), mientras que las flores en inflorescencias muy congestionadas pueden tener tan solo dos (p. ej., *P. umbellatum*). (Jaramillo, A 2001).

Figura 1

Características morfológicas de especies del género *Piper*



Nota. (Naturalista, 2009)

1.3.2 Uso del género *Piper*

Las especies del género *Piper* son utilizadas para el tratamiento de las enfermedades parasitarias específicamente en la malaria y la leishmaniasis en la medicina tradicional bolivariana, también son usadas estas plantas como bebida refrescante y relajante, las raíces y frutos son útiles para tratar el asma, la bronquitis, el dolor de abdomen, como estimulante y para curar afecciones hemorroidales (Flores Quisbert, 2007).

En los últimos años se ha incrementado el uso de productos naturales para el control de enfermedades provocadas por agentes patogénicos que han disminuido la calidad de vida en muchas regiones del mundo. Dentro de estos productos, se encuentran varios compuestos aislados de especies del género *Piper*, los cuales han sido purificados mediante el uso de técnicas cromatográficas y caracterizados empleando diferentes métodos espectroscópicos como espectros de infrarrojo (IR) espectrometría de masas (EM) y las distintas técnicas de resonancia magnética nuclear (RMN). Dichas técnicas fueron empleadas en el estudio de los extractos de *Piper pesaresanum* y *Piper crassinervium* (Aricapa, 2012).

Las enfermedades causadas por microorganismos son de alta incidencia en nuestro país, principalmente las IVU con un 95% de incidencia de *Escherichia coli*, gastroenteritis bacteriana con un 85% de incidencia de *Enterococcus faecalis*, etc. Es por ello por lo que se realizó el estudio antibacteriano de los aceites esenciales de *P. tuberculatum* y *amalago*, investigando la composición química y determinando

cuál de sus principios activos podrían estar implicados en esta actividad, los cuales podrían ser fuentes de elaboración de nuevos fármacos contra diversas enfermedades infecciosas presentes en el ser humano (Andrés, 2017).

Basados en los estudios de (Ramírez, 2013) se busca nuevas sustancias antidermatofitas a partir de productos naturales, recursos y por esta razón el objetivo de esta investigación fue el aislamiento e identificación del activo antifúngico compuestos de *P. ecuadorensis*, planta que no reporta previamente estudios fotoquímicos y de actividad biológica.

Por otro lado tenemos a la *P. nigrum* se utilizan tanto en alimentos como en medicamentos, la misma contiene un alcaloide llamado piperina que se caracteriza por sus notables acciones farmacológicas, entre ellas antioxidante, antihipertensivo y antiagregante plaquetario, antiasmático, analgésico, antitumoral, antipirético, antiespasmódico, antidepresivo, antidiarreico, ansiolítico, antiinflamatorio, inmunomodulador, hepatoprotector, antifúngico, antibacteriano, actividades antimutagénicas, larvicidas, insecticidas y pancreáticas (González, 2018).

1.3.3 Estudios químicos del género Piper

A nivel mundial se ha investigado la química de las especies de este género. Los resultados encontrados han permitido reconocer al género *Piper* como el más bioactivo de la familia *Piperáceae*, se han identificado cerca 667 compuestos diferentes, distribuidos en 49 ligninas, 79 neoligninas, 97 terpenos, 39 propenilfenoles, 15 esteroides, 18 kawapirones, 17 chalconas/dihidrochalconas, 16 flavonas, 6 flavononas, 4 piperolidas, y 146 miscelaneos (Dyer Lee et al., 2004) y recientemente en 2012 se reportaron 277 alcaloides/amidas (Nascimento, 2012).

De acuerdo con estudios realizados se han aislado gran diversidad de metabolitos pertenecientes a diferentes géneros *Piper* como los son pelitorina y guineensina, isobutilamidas como Piperovatina y Piperlonguminina, Piperina,

kawaina, dihidrokawaina, yangonina, demetoxiyangonina, metisticina, y dihidromegtisticina (Parmar, Jain, Bisht, Jain, & Taneja, 1997).

Según el estudio de (Solórzano, 2022) para el primer análisis, respecto a los compuestos coincidentes, la composición química cuantitativa es como grupos mayoritarios Sesquiterpenos hidrocarburos (55,65%), Sesquiterpenos de muestras de piperita representa un estimado de oxigenados (8,55%) y monoterpenos hidrocarburos (8,25%), y como minoritarios: monoterpenos oxigenados (1,25%) y otros (2,5%), respecto a los compuestos coincidentes, la composición química cuantitativa es como grupos mayoritarios: sesquiterpenos hidrocarburos (41,68%), monoterpenos hidrocarburos (28,72%) y sesquiterpenos oxigenados (8,75%), y como minoritarios: monoterpenos oxigenados (3,16%) y otros (3,11%).

La mayoría de las especies del género *Piper* pueden presentar algunos terpenos en sus aceites esenciales, principalmente del tipo monoterpenos y sesquiterpenos que varía en sus núcleos. Se pueden encontrar en estos aceites los siguientes metabolitos como el dilapiol, Miristicina, Peperitona, Apiol, germacreno D (, fenaldreno, linalol (Parmar, Jain, Bisht, Jain, & Taneja, 1997).

2.1 Metabolitos volátiles

Los metabolitos volátiles del género *Piper* son compuestos orgánicos que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente y pueden desempeñar un papel importante en la interacción de las plantas con su entorno. Estos compuestos pueden ser producidos por diferentes partes de la planta, como las hojas, las flores y los frutos, y pueden ser utilizados por las plantas como defensa contra los herbívoros o como señal de atracción de polinizadores (Gomes, 2019).

El género *Piper* y sus metabolitos volátiles incluyen terpenos, alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, éteres y fenoles. Los terpenos son el grupo más grande y diverso de metabolitos volátiles en el género *Piper*, y se han identificado más de

200 terpenos en diferentes especies de *Piper*. Los alcoholes, aldehídos, ésteres y cetonas también son comunes en el género *Piper* (Ríos, 2022).

Los metabolitos volátiles también pueden desempeñar un papel importante en la interacción entre las plantas y los insectos. Por ejemplo, algunos compuestos volátiles de *Piper* pueden atraer a los polinizadores o repeler a los herbívoros. Los metabolitos volátiles del género *Piper* tienen una amplia gama de actividades biológicas, incluyendo la actividad antimicrobiana, antifúngica, insecticida, antioxidante y antiinflamatoria (Dweck, 2017).

El estudio de los metabolitos volátiles del género *Piper* es importante para comprender la ecología y la evolución de las plantas, y también tiene prácticas en el desarrollo de nuevos productos naturales con actividades biológicas útiles. Además, el conocimiento de los metabolitos volátiles de *Piper* puede ser utilizado en el desarrollo de métodos de control de plagas y en la mejora de los cultivos de especias de *Piper* (Ríos J. R., 2006).

Como AE se define la mezcla de compuestos orgánicos resultante de una parte del metabolismo de una especie vegetal que generalmente son de origen terpénico, que están asociados o no a otros componentes, que tienen como característica ser volátiles y que generan el aroma de dicho vegetal (Bandoni, 2000) existe un amplio número de especies de plantas con propiedades aromáticas; sin embargo algunas familias botánicas son ampliamente reconocidas como fuente de AE, entre ellas se cuentan las *Piperaceas* (Enan, 2001).

Los aceites esenciales se encuentran almacenados en la mayoría de los órganos vegetativos de las especies de “aromáticas tradicionales”, y aunque no es clara la razón por la que son biosintetizados, muchos autores coinciden en señalar que cumplen un papel ecológico, ya que diversos estudios han evidenciado la capacidad de los AE de ejercer efectos alelopáticos, sobre diferentes tipos de organismos, incluyendo muchos órdenes de insectos (Enan, 2001).

2.2 Metabolitos fijos

Los metabolitos fijos del género *Piper* son compuestos orgánicos que no se evaporan fácilmente a temperatura ambiente y pueden ser producidos por diferentes partes de la planta, como las hojas, las flores y los frutos. Estos compuestos pueden desempeñar un papel importante en la interacción de las plantas con su entorno y pueden tener aplicaciones prácticas en el desarrollo de nuevos productos naturales con actividades biológicas útiles. Además, el conocimiento de los metabolitos fijos de *Piper* puede ser utilizado en el desarrollo de métodos de control de plagas y en la mejora de los cultivos de especias de *Piper*.

Los metabolitos fijos del género *Piper*, también conocidos como compuestos no volátiles, incluyen alcaloides, flavonoides, lignanos, neolignanos y otros compuestos fenólicos. Los mismos que pueden tener diversas funciones biológicas, como actividad antimicrobiana, antioxidante o antiinflamatoria. Aquí algunos ejemplos:

1. Piperina: Alcaloide presente en *Piper nigrum* L. (Ghayur, 2005)
2. Lignanos: Compuestos fenólicos presentes en *Piper longum* L. (*Piper longo*) con actividad antioxidante y antimicrobiana (Kim, 2013).
3. Lignanos: Compuestos fenólicos presentes en *Piper longum* L. (*piper longo*) con actividad antioxidante y antimicrobiana (Duke, 1985).
4. Neolignanos: Compuestos fenólicos presentes en *Piper aduncum* L. (matico) con actividad antimicrobiana y antifúngica (Doughari, 2006).

En las especies del género *Piper* se han reportado diferentes tipos de neolignanos los cuales se originan cuando el dímero que se genera en el acoplamiento oxidativo se da por una unión de dos posiciones diferentes a las posiciones 8-8', como sucede en los lignanos (Chiappe, 2013).

Capítulo dos

Metodología

La metodología empleada para el desarrollo de la revisión bibliográfica obedece a un diseño documental, la información se obtuvo de la revisión de fuentes documentales como libros, revistas y artículos científicos. Descriptiva porque busca caracterizar el fenómeno de estudio para establecer su estructura o comportamiento. Se eligió, además, el enfoque cualitativo, porque recoge el discurso completo de los sujetos para su interpretación mediante la aplicación del método sintético deductivo, considerando que parte del estudio general de investigaciones disponibles sobre el tema determinado, a partir de las cuales se realizan las deducciones que permitan establecer las conclusiones del tema.

A partir de esta metodología, se realizó una revisión de manera sistemática en los sitios web de revistas botánicas y relacionadas al área como Dialnet, J Ethnopharmacol, Sciece Direct, Scielo, J Nat Prod, entre otras. (Lifante, 2009) <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v58n226/editorial.pdf;file:///C:/Users/USER/Downloads/758-Otro-2145-2-10-20220629.pdf> (20/04/2024) [file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Temp/Rar\\$Dla2564.35504/1-s2.0-S0102695X13700498main.pdf](file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Temp/Rar$Dla2564.35504/1-s2.0-S0102695X13700498main.pdf); (10/03/2024); [file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Temp/Rar\\$Dla10820.40374/10.1080@10412905.2020.1848650.pdf](file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Temp/Rar$Dla10820.40374/10.1080@10412905.2020.1848650.pdf) (01/02/2024); [file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Temp/Rar\\$Dla11188.23752/scalvenzi2014.pdf](file:///C:/Users/USER/AppData/Local/Temp/Rar$Dla11188.23752/scalvenzi2014.pdf) (31/12/2023);

La revisión bibliográfica abarcó diferentes investigaciones con información variada: descripciones de áreas de estudio (tipos de clima, localización geográfica y tipos de vegetación), investigaciones botánicas, con diversos enfoques (etnobotánicas, taxonómicos, florísticos, etc.).

El inicio de la búsqueda se realizó en octubre del año 2023, en los criterios de inclusión se establecen: artículos publicados de cualquier década, pero se trató

de presentar en los posibles resultados de estudios recientes, considerando que el tema ha presentado importantes cambios en la actual.

Capítulo tres

Resultados y Discusión

En la tabla N°1 se muestran las diferentes especies del género *Piper* en el Ecuador.

Tabla 1

Diferentes especies del género Piper en el Ecuador

Género <i>Piper</i> en el Ecuador				
Nombre	Altura	Tipo	Provincia	Estado de la planta
<i>Piper achupallasense</i>	3000-3500 m	Paramo arbustivo	Zamora Chinchipec	Flora en peligro
<i>Piper angamarcanum</i>	3000-3500 m	Paramo arbustivo	Cotopaxi	Flora en peligro crítico
<i>Piper azuaiense</i>	2000-3000 m	Subarbusto paramo andino	Azuay	Flora en peligro
<i>Piper baezanum</i>	500-1000 m	Árbol-bosque amazónico	Napo, Cayambe, Coca	Peligro Critico
<i>Piper baezense</i>	1000-2000 m	Arbusto bosque andino	Napo	Flora en peligro
<i>Piper begoniiforme</i>	1500-2000 m	Arbusto Bosque andino	Chimborazo	Flora en peligro crítico
<i>Piper brachipilum</i>	900 m	Arbusto bosque amazónico	Morona Santiago	Flora en peligro
<i>Piper brachystylum</i>	600-1000 m	Liana bosque amazónico	Napo Pastaza	Flora vulnerable
<i>Piper bullatifolium</i>	2000-2500 m	Arbusto bosque Andino	Chimborazo	Flora en peligro crítico
<i>Piper campii</i>	500-1000 m	Bejuco bosque amazónico	Morona Santiago	Flora en peligro
<i>Piper candollei</i>	250-500 m	Arbusto Bosque amazónico	Tungurahua	Flora vulnerable

<i>Piper clathratum</i>	2000-3000 m	Arbusto bosque andino	Napo Pichincha	Flora en peligro crítico
<i>Piper coeloneurum</i>	1000-1500 m	Arbusto bosque andino	Tungurahua	Flora en peligro
<i>Piper cutucuense</i>	1260 m	Arbusto bosque andino	Morona Santiago	Flora en peligro
<i>Piper densiciliatum</i>	2000-3000 m	Arbusto bosque andino	Azuay	Flora en peligro
<i>Piper diffundum</i>	500–1000 m	Subarbusto hemiepífito	Morona Santiago	Flora en peligro
<i>Piper disparipilum</i>	2000–2500 m	Arbusto Vegetación Interandina:	Pichincha	Flora en peligro
<i>Piper dodsonii</i>	2800 m	Arbusto Vegetación interandina	Loja	Flora en peligro
<i>Piper entradense</i>	0–500 m	Bejuco Bosque litoral húmedo	Chimborazo, Guayas	Peligro crítico
<i>Piper eriocladum</i>	2000–2500 m	Arbusto Bosque andino alto	Pichincha	Flora en peligro
<i>Piper eustylum</i>	150–500 m	Subarbusto o bejuco Bosque litoral húmedo	Chimborazo, Pichincha	Flora en peligro
<i>Piper fallenii</i>	600 m	Bejuco Bosque litoral piemontano	Chimborazo	Flora en peligro
<i>Piper gualeanum</i>	2500–3000 m	Arbusto Bosque andino alto	Pichincha	Peligro crítico
<i>Piper guayasanum</i>	300–800 m	Arbusto Bosque litoral húmedo y bosque litoral piemontano:	Guayas	Peligro crítico
<i>Piper huigranum</i>	1500–2000 m	Arbusto Vegetación interandina	Chimborazo, Pichincha	Peligro crítico

<i>Piper hydrolapathum</i>	400–1000m	Arbusto Bosque litoral húmedo y bosque litoral piemontano	Esmeraldas, Pichincha	Peligro crítico
<i>Piper hylophilum</i>	300–1250 m	Arbusto o arbolito Bosque litoral húmedo hasta andino bajo:	Bolívar, Carchi, Esmeraldas, Pichincha, Zamora Chinchipe	Vulnerable
<i>Piper lineatipilosum</i>	1100 m	Arbusto Bosque andino bajo	Pastaza	Vulnerable
<i>Piper longicaudatum</i>	750–1000 m	Arbusto Bosque amazónico piemontano	Napo, Pastaza	Vulnerable
<i>Piper manabium</i>	200–700 m	Arbusto Bosque litoral seco	Guayas, Manabí	Peligro crítico
<i>Piper mendezense</i>	250–1000 m	Arbusto Bosque amazónico hasta bosque amazónico piemontano:	Morona Santiago	Peligro
<i>Piper mexiae</i>	0–500 m	Arbusto Bosque litoral húmedo	Chimborazo, Esmeraldas	Peligro crítico
<i>Piper nanegalense</i>	1600 m	Arbolito Bosque andino bajo	Pichincha	En peligro
<i>Piper napo-pastazanum</i>	500–2000 m	Arbusto Vegetación interandina y bosque amazónico piemontano	Napo, Pastaza, Sucumbíos, Tungurahua	Casi amenazada
<i>Piper nebuligaudens</i>	1000–3000 m	Arbusto Bosque andino bajo hasta bosque andino alto	Azuay, Cañar, Loja, Pichincha	Vulnerable
<i>Piper regale</i>	200–500 m	Arbolito Bosque litoral húmedo	El Oro, Esmeraldas, Pichincha	Flora en peligro
<i>Piper</i>	1500–2000 m	Arbusto Bosque andino	Pichincha	Peligro crítico

<i>saloyanum</i>		bajo:		
<i>Piper valladolidense</i>	2000–3000 m	Arbusto Bosque andino alto:	Zamora Chinchipe	Flora Peligro
<i>Piper wibomii</i>	200–500 m	Liana Bosque litoral húmedo	Esmeraldas	Flora peligro
<i>Piper zarumanum</i>	1000–2500 m	Subarbusto Bosque andino bajo	El oro	Flora Peligro

Nota: León-Yáñez, S., R. Valencia, N. Pitmam, L. Endara, C. Ulloa Ulloa y H. Navarrete (Eds). 2019. Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. <<https://bioweb.bio/floraweb/librorojo>>, acceso miércoles, 27 de julio de 2022.

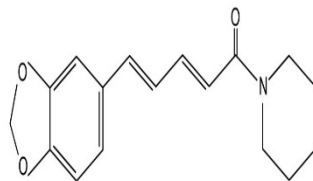
Entre todas las mencionadas en la tabla anterior no todas tienen un estudio fitoquímico, pero entre las de mayor interés encontramos las siguientes:

3.1 *Piper ecuadorensis* (Matico de monte)

Piper ecuadorensis es una especie de planta perteneciente a la familia *Piperaceae*, nativa de Ecuador. Es una planta trepadora o arbustiva que puede alcanzar hasta 5 metros de altura. Sus hojas son simples, opuestas, enteras y de color verde oscuro. Las flores se agrupan en espigas y son de color blanco o amarillento. Los frutos son drupas de color rojo brillante cuando están maduros (Pérez-Laborda, 2020)

En cuanto a los metabolitos fijos de *Piper ecuadorensis*, se han identificado varios compuestos bioactivos, incluyendo alcaloides, flavonoides, terpenoides y fenilpropanoides. Un estudio (Andrade, 2019) reciente identificó la presencia de siete alcaloides, incluyendo *piperina* y *piperlonguminina*, en extractos de hojas y tallos de *Piper ecuadorensis*.

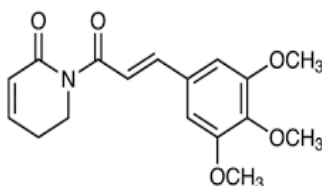
Figura 2 Piperina



Nota. Autoría propia:

Este alcaloide administrado de forma continua estimula los enzimas digestivos pancreáticos (lipasas, amilasas y proteasas) e intestinales (lipasas), mejorando la digestión. Ha demostrado también poseer actividad antimetastásica, antitumoral, antidepresiva, antiinflamatoria, antitiroidea, protectora hepática e inmunoestimulante, entre otras y ser capaz de prevenir el estrés oxidativo. La piperina inhibe además los enzimas hepáticos que regulan el metabolismo de muchos fármacos por lo que puede aumentar la biodisponibilidad de los mismos (Accame, 2019).

Figura 3 Piperlonguminina



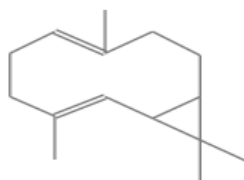
Nota. Autoría propia:

Este compuesto químico que se encuentra en la pimienta de la India, es capaz de combatir células cancerosas del glioblastoma, según han observado un equipo de investigadores de la Universidad de Pensilvania (EE.UU.) en un estudio realizado en animales, además se ha evidenciado cómo la piperlonguminina se une a una proteína llamada TRPV2, la cual sobre expresa en el glioblastoma de una manera que parece impulsar la progresión del cáncer. Además, han observado que el tratamiento con piperlonguminina reduce radicalmente los tumores de glioblastoma y extendió la vida en dos modelos de ratón de este cáncer, y también destruyó selectivamente las células de glioblastoma tomadas de pacientes humanos (Conde, 2021).

Además, se han reportado actividades biológicas relevantes asociadas a estos metabolitos, como actividad antimicrobiana y antioxidante (Rodríguez, 2017) el cual es empleado en caso de resaca, desinfectante y cicatrizante por las comunidades de la Provincia de Loja y Zamora.

En otro estudio según (Valarezo, Flores, Cartuche, Ojeda & Ramírez, 2020), los principales compuestos encontrados fueron el bicilogermacreno en un (12,98%), 3-tujopsana (11.59%) y α -felandreno (6,89%).

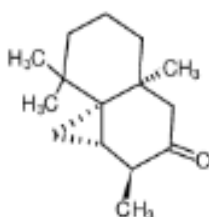
Figura 4 Bicilogermacreno



Nota. Autoría propia:

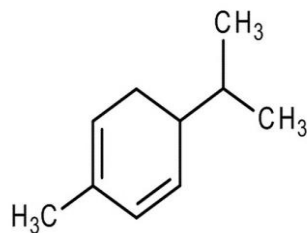
Es un sesquiterpeno derivado del germacrane por deshidrogenación a través de los enlaces C (1)-C (10) y C (4)-C (5) y ciclación a través del enlace C (8)-C (9). Tiene un papel como metabolito (national library of medicine , 2014).

Figura5 3 tujopsana



Nota. Autoría propia

Figura 6 α -felandreno

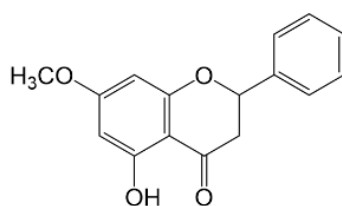


Nota. Autoría propia:

El felandreno es un compuesto terpénico poco conocido que se encuentra en ciertas plantas de cannabis y que podría ayudar a mejorar la inflamación, inhibía la acumulación y la actividad de los compuestos pro inflamatorios. y posiblemente incluso a proteger contra el crecimiento de las células cancerosas consiguiendo disminuir significativamente la viabilidad de ciertas células tumorales del hígado e inducía la necrosis celular. (importancia del felandreno, 2018).

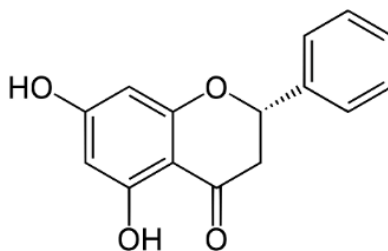
En otro estudio realizado fueron identificados mediante comparación de datos espectrales y físicos las flavanonas pinostrobrina (5-hidroxi-7-metoxiflavona) y pinocembrina (5,7-dihydroxiflavanona) (Burke, 1986); (Usia, y otros, 2002); (Wu, Nair, & Dewitt, 2002); (Feld H, 2003).

Figura 7 Pinostrobrina



Nota. Autoría propia

La pinostrobrina es un flavonoide que se puede encontrar en muchas plantas y tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y neuroprotectoras. La pinostrobrina es un potente inhibidor de PCSK9 e inhibe la actividad catalítica de PCSK9. La pinostrobrina es un agente prometedor para la regulación del colesterol y el control de los lípidos (Pinostrobin , 2021).

Figura 8 Pinocebrina

Nota. Autoría propia

La pinocebrina provee de un efecto antiinflamatorio significativo, ya que puede inhibir la respuesta inflamatoria y reducir los síntomas inflamatorios. También se encarga de evitar el crecimiento y la propagación de las células tumorales, sin olvidar su efecto inhibitor sobre bacterias y hongos es por ello que puede usarse para tratar enfermedades infecciosas, incluyendo ciertos virus (Pinocebrina: beneficios, usos y más, 2014).

3.2 *Piper peltatum*

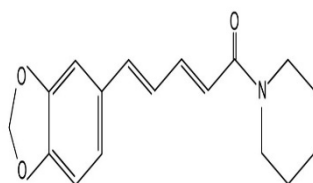
Piper peltatum, también conocida como hierba del cáncer o hierba de los moretones, es una especie de planta trepadora perteneciente a la familia *Piperaceae*. La planta crece hasta alcanzar una altura de 2 a 5 metros y produce hojas simples, opuestas, enteras y de forma ovalada. Las flores son pequeñas y se agrupan en espigas, mientras que los frutos son bayas de color rojo brillante cuando están maduros (López, 2016).

La *Piper Peltatum* es una especie conocida en la Amazonía y Sierra Ecuatoriana como Santa María o cordoncillo. Las hojas de esta especie son empleadas como emolientes, analgésicas, antigripales, antiinflamatorias, antisépticas e incluso en rituales (Acosta León, 2020).

En el oriente la usan en combinación con otras especies para combatir la mordedura de serpientes, sin embargo, el manejo de esta costumbre sin su comprobación científica podría complicar la situación del paciente acelerando el

daño tisular y hasta favorecer una sepsis (Acosta León, 2020). En cuanto a los metabolitos fijos de *Piper peltatum*, se han identificado varios compuestos bioactivos, incluyendo alcaloides, flavonoides, terpenoides y fenilpropanoides. Un estudio reciente (González, 2018) identificó la presencia de 11 alcaloides, incluyendo *piperina* y *piplartina*, en extractos de hojas y tallos de *Piper peltatum*.

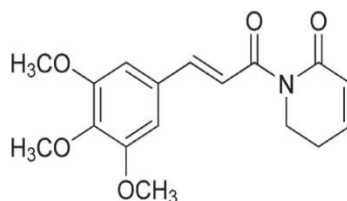
Figura 9 Piperina



Nota. Autoría propia

La piperina tiene propiedades anti amebianas, antihelmínticas y antimicrobianas que pueden mejorar las condiciones intestinales saludables y mejorar la digestibilidad, mejorando la funcionalidad del tracto gastrointestinal al promover la absorción de nutrientes, la síntesis de enzimas y la respuesta inmune. Estudios anteriores también han confirmado que la piperina en la dieta mejora el rendimiento del crecimiento, la utilización del alimento y la digestibilidad de la dieta de varias especies (Navarrete, 2003).

Figura 10 Piplartina



Nota. Autoría propia

La pipartina es un componente herbario activo presente en importantes plantas etnofarmacológicas utilizadas en el sistema de medicina ayurvédica de la India y en la medicina popular de América Latina. La investigación preclínica in vitro

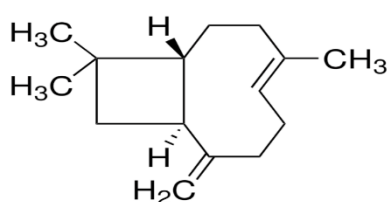
e in vivo ha demostrado múltiples actividades biológicas de la pipartina, como citotóxica, genotóxica, antitumoral, antiangiogénica, antimetastásica, antiagregante plaquetaria, ansiolítica, antidepresiva (Bezerra, 2020).

Además, se han reportado actividades biológicas relevantes asociadas a estos metabolitos, como actividad antimicrobiana, antioxidante y anticancerígena (González, 2018).

3.3 *Piper subscutatum*

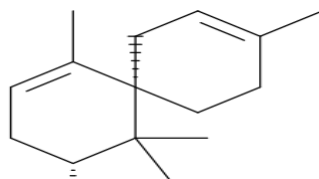
Es una especie de planta que pertenece a la familia *Piperaceae*. Es originaria de Ecuador y se encuentra en la selva amazónica. En el aceite esencial a partir de la de hojas de *Piper subscutatum*, se identificó 66 compuestos del aceite esencial, siendo los grupos mayoritarios los sesquiterpenos hidrocarbonados con 73.71%, sesquiterpenos oxigenados 10.29% seguido de monoterpenos hidrocarbonados 8.41% y el grupo minoritario de monoterpenos oxigenados con 1.4%, a su vez los compuestos más representativos fueron; (E)-Cariofileno 25.6%, Chamigreno 9.15%, (E)-Nerolidol 7.9% (Andrade, 2019).

Figura 11 (E)-Cariofileno



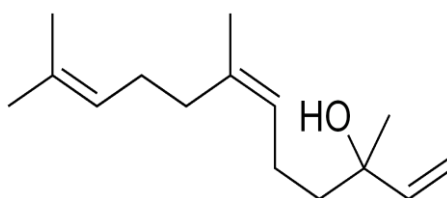
Nota. Autoría propia

Presenta un enorme potencial terapéutico para tratar diversas enfermedades, principalmente aquellas relacionadas con la inflamación. Al ser un activador selectivo del receptor cannabinoide CB2, el E-cariofileno ofrece diversos beneficios, como propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y neuroprotectoras (Ruiz, 2020).

Figura 12 Chamigreno

Nota. Autoría propia.

Estos compuestos presentan propiedades beneficiosas sobre la función hepática y biliar. También han mostrado actividad antiinflamatoria, antimicrobiana, antitumoral y antiviral, y se han utilizado como antídoto en el envenenamiento producido tras el consumo de hongos venenosos del género *Amanita* (López, 2022).

Figura 13 (E)-Nerolidol

Nota. Autoría propia

Se caracteriza con propiedades sedantes, utilizado actualmente en la medicina como un tratamiento para aliviar la ansiedad y el estrés (Ramírez , 2017).

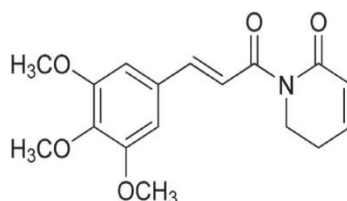
Mientras que en estudios cromatográficos realizados (Solórzano, Andrade, Ramírez, & Gillardoni, 2021), se menciona que el 51,45% de la composición cuantitativa del aceite esencial corresponden al 9% monoterpenos y el 42,5% sesquiterpenos respectivamente, exhiben actividad insecticida, repelente y larvicida, por lo cual esta especie tiene acción insecticida con efecto repelente y larvicida en el tratamiento para granos postcosechas es decir cuando están almacenados y como plaguicida en semillas.

3.4 *Piper lanceifolium* Kunth

Es originaria de América del Sur, particularmente de los países como Colombia, Ecuador y Perú (López & Sheng, 2002).

En cuanto a los metabolitos fijos de *Piper lanceifolium*, se han identificado varios compuestos bioactivos, incluyendo alcaloides, flavonoides, terpenoides y fenilpropanoides. Un estudio reciente (González, 2018) identificó la presencia de 12 alcaloides, incluyendo *piperina* y *piplartina*, en extractos de hojas y tallos de *Piper lanceifolium*. Además, se han reportado actividades biológicas relevantes asociadas a estos metabolitos, como actividad antimicrobiana, antioxidante y anticancerígena (González, 2018) (López M. C., 2016).

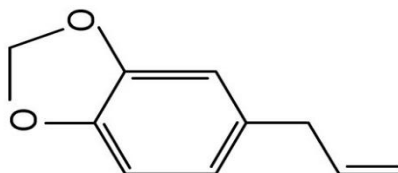
Figura 14 Piplartina



Nota. Autoría propia

Dentro de los usos la *Piper lanceifolium* Kunth, para tratar infecciones de la piel, para el dolor de cabeza y el dolor corporal el cual se cocina las hojas y se mezcla con alcohol. En un estudio cromatográfico realizado del aceite esencial de esta especie se encuentra que los componentes principales son safrol. (48,3%), apiol (13,6%), γ -terpineno (4,1) y epi- α -cadinol (2,9%) (Valarezo, y otros, 2020).

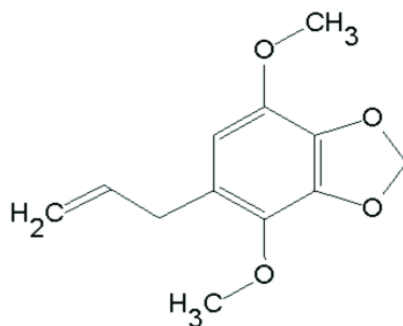
Figura 15 Safrol



Nota. Autoría propia

Caracterizada por presentar propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales han sido reconocidas durante muchos años y particularmente el género Piper ha sido objeto de estudios fotoquímicos y biológicos, motivados por sus numerosas aplicaciones etnobotánicas (Sánchez, 2009).

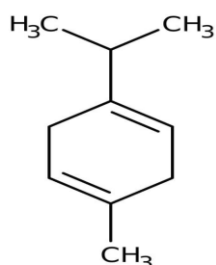
Figura 16 Apiole



Nota. Autoría propia

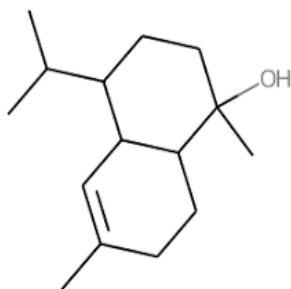
El apiole se ha extraído en gran medida de las plantas mediante hidrodestilación, destilación al vapor, hidrodestilación asistida por microondas, extracción de tipo fluido supercrítico y volátiles en el espacio de cabeza (HS). La ingesta de apiole afecta el eje hipotalámico-pituitario, cura la lactancia materna crónica y regula el ciclo menstrual. Desde el punto de vista clínico, el apiole puede actuar como agente antioxidante, antifúngico, anticancerígeno, abortivo, acaricida, fitotóxico, antitumoral y antiproliferativo (Tabassum, 2021).

Figura 17 γ -terpineno



Nota. Autoría propia

Puede mejorar la protección de los lípidos naturales u otros sustratos oxidables operados por antioxidantes fenólicos (Yafang, 2021).

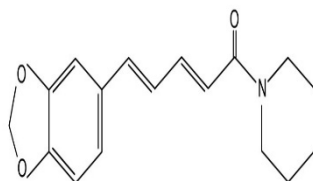
Figura 18 epi- α -cadinol

Nota. Autoría propia.

Los compuestos encontrados en esta planta en especial el epi- α -cadinol tienen actividad analgésica, siendo utilizada por a por el pueblo ancestral Shuar como medicamento para distinto tipos de dolencias (Noriega, 2014).

3.5 *Piper nigrum*

Piper nigrum, también conocida como pimienta negra, es una especia ampliamente utilizada en la cocina de todo el mundo. La planta es originaria de la India y se cultiva en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. La pimienta negra contiene una gran cantidad de compuestos bioactivos, incluyendo alcaloides, flavonoides, terpenos y fenilpropanoides. El compuesto más abundante en la pimienta negra es la piperina, un alcaloide que le da su sabor picante característico. La piperina también tiene propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas. de la cual se extrae la pimienta negra, blanca y verde. Su fruto molido se emplea como especia picante en la gastronomía, es un condimento utilizado popularmente en todo el mundo y su principal componente es la piperina (Jaramillo, 2018).

Figura 19 Piperina

Nota. Autoría propia

Además de su uso como especia, la pimienta negra se ha utilizado en la medicina tradicional para tratar una variedad de condiciones, incluyendo la tos, la indigestión y la artritis. La pimienta negra también se ha utilizado en la medicina ayurvédica para tratar problemas respiratorios, problemas digestivos y enfermedades de la piel (Trishnamurthy, 2018).

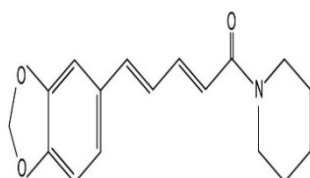
3.6 *Piper barbatum* Kunth

Piper barbatum Kunth, también conocido como "matico macho", es una especie de planta trepadora perteneciente a la familia *Piperaceae* (López, 2016).

Dentro de sus usos presenta una acción para contrarrestar los efectos de cefalea, dolor de estómago, dermatitis, desinfectante, tratamiento de heridas, preparado en gran medida con Infusiones frescas y bebida machacada, tópica (Tene, Malagon, Vita, Vidari, & Armijos, 2007).

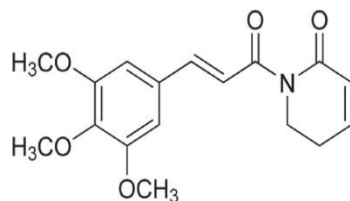
En cuanto a los metabolitos fijos de *Piper barbatum*, se han identificado varios compuestos bioactivos, incluyendo alcaloides, flavonoides, terpenoides y fenilpropanoides. Un estudio reciente identificó la presencia de 11 alcaloides, incluyendo piperina y piplartina, en extractos de hojas y tallos de *Piper barbatum*. Además, se han reportado actividades biológicas relevantes asociadas a estos metabolitos (González, 2018).

Figura 20 Piperina



Nota. Autoría propia

Figura 21 Piplartina



Nota. Autoría propia

Este estudio sobre el aceite esencial de *Piper barbatum Kunth* podría llevar al desarrollo de nuevas alternativas a los antibióticos actuales. Además, los productos de higiene íntima y los cosméticos antimicrobianos podrían crearse usando el aceite esencial de *Piper barbatum Kunth* como ingrediente activo. Aprender sobre el uso de especies como *Piper barbatum Kunth* en Ecuador también es importante para proporcionar un puente entre diferentes culturas y fomentar una mentalidad de cuidado para la preservación de la selva amazónica y sus pueblos, flora y fauna (Noriega, 2021).

3.7 *Piper crassinervium Kunth*

Es llamada guabiduca con alto potencial para tratar enfermedades crónicas como Diabetes, gastritis, próstata. Otro ejemplo es también la (Tene, Malagon, Vita, Vidari, & Armijos, 2007).

La planta produce varios metabolitos secundarios, incluyendo compuestos volátiles y no volátiles, que pueden tener diversas aplicaciones ecológicas y prácticas potenciales. Los metabolitos volátiles de *Piper crassinervium* incluyen terpenos, alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, éteres y fenoles.

Los terpenos son el grupo más grande y diverso de metabolitos volátiles en el género *Piper*, y se han identificado más de 200 terpenos en diferentes especies de *Piper*. Los alcoholes, aldehídos, ésteres y cetonas también son comunes en el género *Piper* (Koul, 2016).

Conclusiones

La presente revisión es realizar una búsqueda organizada de información sobre la actividad química de los metabolitos fijos y volátiles de las distintas especies del género *Piper*.

La revisión anteriormente presentada evidencia el gran número de estudios fitoquímicos realizados sobre especies del género *Piper* y la variedad estructural y de actividades biológicas que presentan los compuestos aislados. Sin embargo, todavía existen especies vegetales de la familia *Piperaceae* y en particular del género *Piper*.

La importancia del presente trabajo de investigación permite dar a conocer a mayor profundidad las características del género *Piper* y como este puede emplearse a favor de futuras investigaciones.

Recomendaciones

Ampliar la búsqueda bibliográfica en futuras actualizaciones de recursos bibliográficos destacados y actualizados.

Variabilidad en la recolección de citas bibliográficas.

Profundizar el estudio del género *Piper* por la importancia que tienen a nivel farmacéutica y alimentarios por la naturaleza de sus metabolitos.

Referencias

- Acosta León, K. (30 de abril de 2020). *DIURETIC ACTIVITY OF PIPER PELTATUM L. (PIPERACEAE) FROM ECUADOR ON*. Obtenido de *farmacologyonline*. Obtenido de https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2020/vol1/PhOL_2020_1_A008_AcostaLeon.pdf
- American Society of Health-System Pharmacists, I. C. (10 de Octubre de 2020). *Ácido ascórbico (vitamina C)*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/meds/a682583-es.html#:~:text=El%20%C3%A1cido%20asc%C3%B3rbico%20pertenece%20a,y%20apoyar%20el%20sistema%20inmunol%C3%B3gico>.
- Andrade, M. (2019). *Obtención y determinación de la composición química y enantiomérica del aceite esencial de Piper subscutatum de la provincia de Zamora Chinchipe*. Loja: Editorial Loja.
- Andrade, M., Armijos, C., Malagón, O, Lucero, H. (2009). Plantas medicinales silvestres empleadas por la etnia Saraguro en la Parroquia San Lucas, Provincia de Loja-Ecuador. *Loja: Editorial UTPL*.
- Andrews, J. (2001). Determination of minimum inhibitory concentrations. *J Antimicrob Chemother*, 48(1):5-16.
- Aricapa, A. (2012). *Estudio fitoquímico de Piper pesaresanum Y Piper crassinervium*. pereira: Edi corimbo.
- Bandoni, A. (2000). Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica: su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. La Plata-Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de la Plata. Primera Edición.

- Bravo, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador [Internet]*. Obtenido de Obtenido de Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/.../La Biodiversidad.pdf>
- Caicedo, F. (11 de Marzo de 2019). *Farmacia y Cosmetica*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Farmacia/Articulos/239749-Vestuario-para-salas-limpas-en-la-industria-farmaceutica.html>
- Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. (07 de Noviembre de 2020). Obtenido de <http://legacy.tropicos.org/ProjectAdvSearch.aspx?projectid=2>.
- Cedeño, J., & Donoso, M. (29 de 02 de 2010). *Atlas pluviométrico del Ecuador. Programa hidrológico internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe 21: 1–86*. Obtenido de <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>
- Chiappe, A. (2013). Estudio Fitoquímico de las hojas de *Crotón shideanus*. En *Tesis de Maestría en Ciencias Química. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá*, (págs. pp 46-49). Bogota.
- Díaz, P., & Dorado, V. (1986). Constituyentes químicos de las hojas de *Piper lenticellosum*. *C.D.C. Rev Latinoam Quim.*, 17: 58-60.
- Digital, B. (25 de Diciembre de 2016). *ESTUDIO FITOQUIMICO DE HOJAS DE LA ESPECIE VEGETAL Piper catripense (PIPERACEAE) Y EVALUACIÓN DE SU CAPACIDAD ANTIOXIDANTE*. Obtenido de Obtenido de [N_Gra_13_115.pdf](#)
- Doughari, J., Okafor, J., & Elegami, T. (2006). *Antimicrobiano y antifungico*. santiago: edi-santiago.
- Duke, J., & Avens, H. (1985). Actividades biológicas de la kava y compuestos similares a la kava. *Investigación en fitoterapia*, 12-16.

- Durán, J., López, V., Quispe, A., Flores, A., Soto, J., & Canto, E. (2024). Composición química y actividad leishmanicida de los metabolitos volátiles de siete especies de Piper de Bolivia. *Revista Lat*, 12-16.
- Dweck, H. (2017). Compuestos orgánicos volátiles de flores de Piper aduncum L. (Piperaceae) y su papel potencial en la atracción de polinizadores. *Revista de investigación de aceites esenciales*, 6.
- Ecured. (01 de junio de 2023). *Suspensión química*.
- Enan, E. (2001). Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C.*, 130, 325-337.
- Fernández, E., Fernández, M., Morón, Y., & García, M. (2018). Diseños de experimentos en tecnología y control de los medicamentos. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 28-40.
- Flores, E. (2007). Metabolitos secundarios bioactivos de especies del género Piper de la flora boliviana. *Dialnet*, 362.
- Garden, M. B. (2020). *Angiosperm phylogeny website*. St Louis, MO.: Obtenido de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Ghayur, M., Gilani, A., & Jabeen, Q. (2005). La piperina, un componente de la pimienta negra, inhibe la liberación de histamina y la formación del producto 5-lipoxigenasa en mastocitos leucémicos humanos. *Investigación en fitoterapia*, 5-12.
- Gomes, C. (2019). Compuestos orgánicos volátiles emitidos por Piper hispidum Sw. (Piperaceae) hojas bajo ataque de herbívoros. *Revista de ecología química*, 6.
- González, J., Cadena, E., & Cadena, J. (2018). Alcaloides de la Piper peltatum C. DC ecuatoriana. (Piperaceae) y sus actividades antimicrobianas, antioxidantes y anticancerígenas. *Revista de Etnofarmacología*, 214, 240-246.

Guayanlema, J., & Vargas, C. (2017). DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE DOS ESPECIES DE LA FAMILIA PIPERACEAE RECOLECTADAS EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS – ECUADOR, DURANTE EL PERÍODO ABRIL - AGOSTO DEL 2016. *Caracola ediciones*, 54.

<https://www.tropicos.org/Name/479>. (09 de julio de 2017). Obtenido de Tropicos. org :
<https://www.tropicos.org/Name/479>

Isman, M., Miresmailli, S., & Machial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*, 10, 197-204.

ISO. (2012). *Café y productos del café. Determinación del contenido de cafeína Usando cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC). Método de referencia.*

Jaramillo, A. (2018). *Efecto antipalúdico de las especies del género Piper. Obtenido de revista cubana de plantas medicinales.* Obtenido de
<http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/675/313#:~:text=d el%20g%C3%A9nero%20Piper-,Est>

Jorgensen, L. (1999). *Catálogo de las Plantas Vasculares de Ecuador.* St. Louis, USA.

Jorgensen, P., & León, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. USA: Missouri Botanical Garden Press;*, 779-783 p.

Kadam, V. (2013). "Formulation and evaluation of fast dissolving tablets of nebivolol hydrochloride using factorial design. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 251-258.

Kato, M., & Furlan, M. (2007). *Pure Appl. Chem.*, 79, 529–538.

- Kim, D. L. (2013). Actividades antioxidantes y antimicrobianas de los lignanos de los frutos de *Piper longum* L. *Ciencia de los alimentos*, 6-13.
- Koul, O.(2016). Química y farmacología de las especies *Piper*. *Informes de productos naturales*, 12-33.
- León-Yáñez, S. (2019). *Familia: Piperaceae. Obtenido de libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*:. Obtenido de <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo>
- López, A., & Sheng, D. (2002). Antifungal activity of benzoic acid derivatives from *Piper lanceaefolium* . . *J Nat Prod.*, 65:62–4.
- López, C., Andrade, D., Ramírez, J., & Gilardoni, G. (2022). *Estudio químico semicuantitativo y comparativo de la fracción volátil destilada desde la especie ecuatoriana Piper subscutatum (Miq.) C. DC. (Piperaciae. Ioja: Revista Científica de Investigación, Docencia y Proyección Social. Enero - Junio 2022. Número 26, pp 11-18.*
- López, M. C. (2016). Actividades antioxidantes y antimicrobianas de extractos de *Piper peltatum* ecuatoriano C.DC. (Piperáceas). *Revista de investigación de plantas medicinales*, 10.
- Jaramillo,A.(2001). Filogenia y patrones de diversidad floral en el género *Piper* (Piperaceae). *american journal of botany*, 22.
- Mendez, A. (30 de junio de 2011). *Cromatografía en capa fina*. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/general/cromatografia-en-capafina>
- MTE. (26 de 07 de 2021). *Ecuador 3 mundos en un solo lugar*. Obtenido de <http://www.embassyecuador.eu/site/index.php/es/ecu-geografia>
- Múner, J., & Alexander, O. (2014). Estudio de mezclas binarias Asfalto – Polímero. *Rev.fac.ing.univ.*

- Naim, D., & Mahboob, S. (2020). Molecular identification of herbal species belonging to genus Piper within family Piperaceae from northern Peninsular Malaysia. *J King Saud Univ Sci*, 32(2):1417–142.
- Nascimento, P.(2012). Occurrence, biological activities and ¹³C NMR data of amides from Piper (Piperaceae). *Scielo*, 36.
- Naturalista. (09 de Mayo de 2009). Obtenido de Recuperado el 14 de Octubre de 2014, de <https://www.naturalista.mx/taxa/71604-Piperaceae>
- Navodini Jayarathna, R. A. (2021). Paranagama, Componentes químicos volátiles y bioactividad de especies de gaiteros seleccionadas en Sri Lanka. *Revista internacional de botánica moderna*, 1-8.
- Noriega, M. &. (2021). *Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de Piper barbatum Kunth*. Ciudad de Mexico : edi. Lax.
- Parmar, V., Jain, S., Bisht, K., Jain, R., & Taneja, P. &. (1997). Phytochemistry of the genus Piper. . *Science Direct*, 77.
- Pérez-Laborda, M. G. (2020). Alcaloides de la Piper ecuatoriana y sus actividades antimicrobianas y antioxidantes. *Revista de Etnofarmacología*, 11-28.
- Pilco, D., Vinuesa, D., & Acosta, K. (2014). *Actividad Inhibitoria De La Hialuronidasa Del Extracto Hidroalcohólico De Piper Peltatum* *Hyaluronidase Inhibitor Activity in Hydroalcoholic Extracts of Piper Peltatum*. Obtenido de Obtenido de <https://knepublishin>
- Raffino, M. (15 de julio de 2021). *Metodos de separacion de mezclas*. Obtenido de <http://concepto.de/metodos-de-separacion-de-mezclas/>.
- Raju, M. (2019). "Formulation and evaluation of gemfibrozil solid dispersions using factorial design." . *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 327-334.

- Ramirez, J., Cartuche, L., Morocho, W., & Malagon, O. (2013). Antifungal activity of raw extract and flavanones isolated from *Piper ecuadorense* from Ecuador. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 5.
- Ribeiro, M. A. (2014). "Formulation of sustained release diltiazem hydrochloride pellets using factorial design." *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*.
- Ríos, J. (2022). Composición química y actividad antioxidante del aceite esencial de hojas de *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae) cultivada en Brasil. *Diario de Ess*, pág. a3.
- Ríos, J., Recio, M., & Villar, A. (2006). Actividades biológicas del género *Piper*. *Química medicinal actual*, 13-24.
- Rishnamurthy, H., & Naidu, M. (2018). La pimienta negra y su principio picante: la piperina: una revisión de diversos efectos fisiológicos. *Reseñas críticas en ciencia de los alimentos y nutrición*, 10-58.
- Robinson, T. (2016). Metabolism and Function of Alkaloids in Plants . *American Association for the Advancement of Science*, 184(4135):430-5.
- Rodríguez, L., Cadena, E., & Cadena, J. (2017). Actividades antioxidantes y antimicrobianas de extractos de *Piper ecuadorense* Kunth (Piperaceae) ecuatoriana. *Revista de investigación de plantas medicinales*, 11.
- Ruiz&Pav. (2010). *Piper carpunya* . *J Ethnopharmacol*, 128:583-589.
- Salehi B, Z. Z.-R. (2019). *Piper* species: a comprehensive review on their phytochemistry, biological activities and applications. *Molecules*, 24(7):1364.
- Sanchez, F., & Honrubia, M. (2000). Características culturales de algunos hongos ectomicorrizicos en cultivo puro. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17,127-134.

- Seekolpf, F. (1960). *Caryodendron orinocense* Karsten, a lesser knowoll-producing plant of the tropics. *Z.lebenm. Utersuch u. Forsch*, 61.
- Serra, H. (diciembre de 2007). *Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo*. SCIELO, 4. Obtenido de *BIOQUÍMICA CLÍNICA*.
- Silva, J., Trindade, R., Alves, N., Figueiredo, P., Maia, J., & Setzer, W. (2017). Essential oils from neotropical piper species and their biological activities. *Int J Mol Sci*, 18(12):2571.
- Storch, M. (22 de Enero de 2020). *Las tres dimensiones de la sostenibilidad*. Obtenido de <https://www.sintetia.com/las-tres-dimensiones-de-la-sostenibilidad/>
- Suarez, A. (29 de Marzo de 2020). *Sondeo del mercado mundial de Inchi (Caryodendron orinocense)*. Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt».
- Tepe, E., Rodríguez, G., Glassmire, A., & Dyer, L. (2014). *Piper kelleyi, a hotspot of ecological interactions and a new species from Ecuador and Peru*. Quito: PhytoKeys.
- Trujillo, W., Trujillo, E., Ortiz, F., & Toro, D. (2022). *Nuevas especies de Piper de las laderas orientales de los Andes en el norte de Sudamérica*. Quito: Phytokeys 2006.
- Valdés, F. (2006). *Vitamina C*. Actas Dermo-Sifiliográficas, .
- Villa, L. (2011). *Medimecum, guía de terapia farmacológica*. España: Adis 16.ª edición.