

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



Tema: Análisis de las características fitoquímicas, propiedades farmacológicas, usos y aplicaciones más comunes de la Chilca (*Baccharis latifolia*) en el Ecuador

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Maritza Elizabeth Sandoval Velasco

Tutor: BQF. Irvin Ricardo Tubón Usca. PhD.

Ambato-Ecuador

Septiembre - 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

BQF. Irvin Ricardo Tubón Usca, PhD.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 30 de Julio del 2021

BQF. Irvin Ricardo Tubón Usca, PhD.

C.I. 0604250357

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Maritza Elizabeth Sandoval Velasco, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Maritza Elizabeth Sandoval Velasco
C.I. 0502878770

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Docentes calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

Ing. Mg. Juan de Dios Espinoza Moya

CI: 1803201431

M.Sc. Jeanette Verónica Carrera Cevallos

CI: 1716192271

Ambato, 27 de Agosto del 2021

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Maritza Elizabeth Sandoval Velasco
C.I. 0502878770

AUTORA

DEDICATORIA

A mis padres por su amor infinito y apoyo emocional

A mis hermanos por su comprensión

A mi familia por todo el cariño que me han entregado

A Marianita y Ángel por confiar y creer en mí (vuelen alto)

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme salud y vida en todo este tiempo de estudio que he recorrido.

A mis padres Hernán y Marcia por ser los pilares de mi vida, entregarme todo su amor y comprensión, más aún por su apoyo en los momentos de felicidad y tristeza.

A mis hermanos Roger y Samy por todos los momentos compartidos y ser mis confidentes.

A mis abuelitos Manuel, Beatriz y Zoila por esos todos esos consejos que me dieron para enfrentar las adversidades de la vida.

A mi familia por su cariño y paciencia para levantarme los ánimos y estar siempre ahí cuando los necesito.

A mis amigos Amada Robalino, Daysi Espín, Andrés Robalino y Andrés Sánchez por todos los momentos y locuras que compartimos.

A los docentes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por compartirnos todas las enseñanzas en las aulas de clases

A mi tutor BQF. Irvin Tubón, agradecerle de manera especial por compartir sus conocimientos y guiarme durante este proceso en el desarrollo de mi proyecto.

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DEL AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE	viii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	
1.1. Justificación.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.2.1. Familia Asteraceae	2
1.2.2. Género <i>Baccharis</i>	2
1.2.3. <i>Baccharis latifolia</i>	3
1.2.4. Clasificación Taxonómica.....	4
1.2.5. Sinonimia	5
1.2.6. Etimología.....	5

1.2.7. Descripción botánica.....	5
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Población.....	9
2.2. Muestra.....	9
2.3. Identificación de los temas principales a tratar	9
2.4. Recopilación del material bibliográfico	9
2.5. Organización de la información	9
2.6. Identificación del contenido que formará parte del trabajo investigativo y redacción del documento final.	10

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características fitoquímicas.....	11
3.1.1. Metabolitos.....	11
3.1.2. Métodos de extracción	12
3.1.3. Metabolitos presentes en <i>Baccharis latifolia</i>	12
3.2. Usos etnobotánicos.....	25
3.3. Actividad biológica	28

3.3.1.	Actividad antiinflamatoria	28
3.3.2.	Actividad antioxidante	30
3.3.3.	Actividad Antibacterial	32
3.3.4.	Actividad Antifúngica.....	35
3.3.5.	Actividad anticancerígena.....	36
3.3.6.	Remediación de suelos.....	36
3.4.	Toxicidad.....	37
3.5.	Discusión	39
CAPÍTULO IV		
CONCLUSIONES		
4.1.	Conclusiones.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....		43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Cribado fitoquímico de <i>Baccharis latifolia</i>	13
Tabla 2	Compuestos fitoquímicos presentes en <i>Baccharis latifolia</i>	14
Tabla 3	Efecto antioxidante de <i>Baccharis latifolia</i>	32
Tabla 4	Actividad Antibacterial de aceites esenciales de <i>B. latifolia</i> y <i>B. prunifolia</i>	35
Tabla 5	Aplicaciones biológicas de <i>Baccharis latifolia</i>	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 La chilca (<i>Baccharis latifolia</i>)	3
Figura 2 Mapa de distribución potencial de <i>Baccharis latifolia</i>	4
Figura 3 Hojas de la <i>B. latifolia</i>	6
Figura 4 Inflorescencia de la <i>B. latifolia</i>	6
Figura 5 Aquenios	7
Figura 6 Esqueleto básico o estructura de los flavonoides	17
Figura 7 Flavonoides de <i>B. latifolia</i> (partes aéreas).....	18
Figura 8 Ácido gálico.....	18
Figura 9 Esqueletos de los Terpenos.....	19
Figura 10 Terpenos presentes en la raíz de <i>B. latifolia</i>	20
Figura 11 Monoterpenos de <i>B. latifolia</i> (Parte aérea).....	21
Figura 12 Sesquiterpenos de <i>B. latifolia</i> (Parte aérea).....	22
Figura 13 Labdano	23
Figura 14 Friedelina.....	24
Figura 15 Alcaloide de <i>B. latifolia</i> (Baccarina).....	24
Figura 16 Ácido palmítico presente en <i>B. latifolia</i>	25
Figura 17 Número de especies por categoría de uso en Carchi, Ecuador.....	26
Figura 18 Porcentajes de las partes de la planta para uso medicinal	26
Figura 19 Número de reportes de uso por categorías de plantas silvestres en Perú .	27

Figura 20 Efecto de <i>B. latifolia</i> en el espesor del edema de pata de animales de experimentación	29
Figura 21 Efecto de <i>B. latifolia</i> sobre el peso de animales de experimentación	29
Figura 22 Efecto de extractos acuosos y capacidad antioxidante de plantas en <i>S. cerevisiae</i>	31
Figura 23 Efecto antimicrobiano del extracto de <i>B. latifolia</i>	33
Figura 24 Evaluación antibacterial contra <i>S. aureus</i> (sensible) de extractos.....	34
Figura 25 Radio de transferencia de metales pesados a los órganos de <i>B. latifolia</i> , Colombia.....	37

RESUMEN

La necesidad de encontrar nuevos productos para tratar patologías comunes como resfriados, dolores musculares, cólicos y más, ha impulsado a la población al uso de plantas medicinales por su fácil acceso, sobre todo en las poblaciones rurales. Esto ha impulsado al estudio científico de las propiedades y beneficios que se pueda obtener de la misma. El objetivo de esta investigación fue analizar las características fitoquímicas, propiedades farmacológicas, usos y aplicaciones más comunes de la *B. latifolia* en el Ecuador. La información fue recopilada de 80 artículos científicos acorde a la temática y que estuvieran disponibles en diferentes bases de datos con fundamentos que aporten al desarrollo de la revisión bibliográfica.

En la presente revisión se describen los grupos funcionales presentes en esta especie junto con los metabolitos secundarios identificados en el tamizaje fitoquímico. El limoneno y el germacreno D son los compuestos más representativos de este arbusto los cuales, junto con las otras 28 sustancias le otorgan a *B. latifolia* propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, anticancerígenas y analgésicas. A su vez, también son utilizadas de manera tradicional por la población ecuatoriana y de América Latina para el alivio de cólicos, diarrea, golpes, heridas y torceduras.

Palabras clave: Investigación bibliográfica, etnofarmacología, fitofármacos, plantas medicinales, *Baccharis latifolia*, metabolitos secundarios, Chilca.

ABSTRACT

The need to find new products to treat common pathologies such as colds, muscle aches, colic and more, has driven the population to use medicinal plants due to their easy access, especially in rural populations. This has placed *Baccharis latifolia* in a source of research on all the properties and benefits that can be obtained from it. The objective of this research was to analyze the most common phytochemical characteristics, pharmacological properties, uses and applications of *B. latifolia* in Ecuador, evaluating the phytochemical compounds in the mixture of aqueous extracts and essential oils. The information was compiled from 80 scientific articles according to the theme and that were available in different databases with foundations that contribute to the development of the bibliographic review.

In this review, the functional groups present in this species are described together with the secondary metabolites identified in the phytochemical screening. Limonene and germacrene D are the most representative compounds of this shrub which, together with the other 28 substances, give *B. latifolia* anti-inflammatory, antimicrobial, anticancer and analgesic properties. In turn, they are also used in a traditional way by the Ecuadorian and Latin American populations for the relief of colic, diarrhea, blows, wounds and sprains.

Key words: Bibliographic research, ethnopharmacology, phytopharmaceuticals, medicinal plants, *Baccharis latifolia*, secondary metabolites, Chilca.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1. Justificación

La habilidad de adaptación del hombre le ha permitido buscar alternativas medicinales para el tratamiento de diferentes dolencias que le brinden alivio, estabilidad y un buen estado de salud físico y emocional (Yanchaguano & Francisco, 2019). En base a esto la Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la medicina tradicional como la suma de conocimientos, habilidades y prácticas basadas en teorías, creencias y experiencias autóctonas de culturas para el mantenimiento de la salud con el uso de hierbas medicinales (Che et al., 2017).

El Ecuador por su cantidad de especies tanto en flora y fauna es conocido como uno de los 10 países más biodiversos del mundo (Ministerio de Turismo, 2018) donde su población usualmente acude a los recursos botánicos para calmar problemas comunes como dolores de cabeza, estómago, fiebre, diarrea, insomnio, fatiga, espasmos musculares y dolor de las articulaciones (Pedraza-Alva et al., 2019).

En el páramo ecuatoriano se encuentra alrededor del 30% de plantas vasculares representativas del ecosistema, aproximadamente 1500 especies (Caranqui et al., 2016), las mismas que son fuentes ricas de alcaloides, polifenoles, glúcidos cianogénicos, saponinas (Jaramillo Jaramillo et al., 2016), ácidos grasos y derivados, compuestos bencenoides y terpenoides con diversas actividades biológicas como antimicrobianas y antitumorales (Echavarría et al., 2020). Predominando las familias Asteraceae y Fabaceae con mayor número de especies y usos entre medicinal, alimentario, maderable, construcción, entre otros (Moncada-Rangel & Morales Muñoz, 2017).

El género *Baccharis* de la familia Asteraceae es uno de los más numerosos distribuidos en América Latina (Prada et al., 2016), dentro del que se encuentra *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Persoon comúnmente llamada “Chilca”, un arbusto de hasta 4 m de

altura (Paniagua-Zambrana et al., 2020) a la que se le atribuyen propiedades antiinflamatorias, analgésicas, antimicrobianas (Enríquez et al., 2018), antineuróticas, antitumorales y antireumáticas (Loja et al., 2017) gracias a la presencia de metabolitos secundarios entre los que destacan el limoneno, cumarinas, alcaloides, lactonas entre otros (Sequeda-Castañeda et al., 2015).

Actualmente la medicina herbaria ha retomado importancia en numerosos estudios por todos los principios activos que se pueden obtener y transformar a productos farmacéuticos (Hernández-Alvarado et al., 2018). Por lo tanto, esta investigación tiene como finalidad elaborar una revisión bibliográfica sobre las características fitoquímicas, propiedades farmacológicas, usos y aplicaciones más comunes de la *B. latifolia* en el Ecuador.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Familia Asteraceae

Las Asteráceas corresponden una de las tres familias mega diversas de las Angiospermas con un estimado de 25 000 a 35 000 especies. Habitan en todo el mundo incluyendo la Antártida, en hábitats como desiertos, praderas, montañas y climas templados (Mandel et al., 2019). Los ejemplares de esta familia se caracterizan por su inflorescencia compleja (capítulo), es decir, está compuesta de flores estructurales y funcionales diferentes ubicados en un receptáculo común (Broholm et al., 2014).

1.2.2. Género *Baccharis*

Baccharis L. es uno de los géneros más numerosos (más de 500 especies) y diversos que existe únicamente en América en la gran mayoría de ecosistemas asociados a sitios húmedos, arroyos, riberas y acequias desde Canadá hasta Chile y Argentina, donde el 90% está distribuido en Sudamérica en la Cordillera de los Andes siendo muy tolerantes a suelos alcalinos y salinos (Bobek et al., 2016; González et al., 2019; Minteguiaga, 2019). A este género pertenecen plantas dioicas herbáceas, pequeños arbustos leñosos y trepadores, perennes, raramente árboles y hierbas aromáticas (Burrows & Tyrl, 2013; Ramos Campos et al., 2016).

En el Ecuador se puede encontrar 25 especies de las cuales 12 son nativas (*B. alaternides*, *B. buxifolia*, *B. genistelloides*, *B. latifolia*, *B. macrantha*, *B. nítida*, *B. oblongifolia*, *B. obtusifolia*, *B. odorata*, *B. teindalensis*, *B. tricuneata* y *B. trinervis*), 11 son endémicas (*B. arbutifolia*, *B. aretioides*, *B. eggersii*, *B. fusca*, *B. hambatensis*, *B. hieronymi*, *B. huairacajensis*, *B. klattii*, *B. mollis*, *B. steetzii*, y *B. tenuicapitulata*) y 2 son introducidas (*B. elaeagnoides* y *B. serrulata*) (Barriga et al., 2017; De la Torre et al., 2008).

1.2.3. *Baccharis latifolia*

Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers. es comúnmente llamada como “chilco”, “azul chilco”, “chilca negra”, “chilca larga”, “chilca larga” o “trementina” (De la Torre et al., 2008).



Figura 1 La chilca (*Baccharis latifolia*) (Heiden et al., 2019)

Es un arbusto nativo de la zona Andina de América Latina distribuida sobre todo desde Venezuela hasta el norte de Argentina. Su crecimiento y desarrollo se da en un rango altitudinal desde los 1600 hasta los 3800 m.s.n.m. siendo las alturas de 1000 a 3000 m.s.n.m. lugares donde se ha encontrado mayor concentración de especímenes. La presencia del arbusto en varias altitudes se da gracias a la gran adaptabilidad que tiene, pues puede estar presente en suelos sueltos y secos con poca disponibilidad de humedad y materia orgánica, así también se ha observado que crece en arena y

pedregones (Enríquez et al., 2018; Loja Herrera et al., 2017; Prada et al., 2016). En el Ecuador se la ubica en todas las provincias de la Sierra: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja, y en 3 provincias de la Amazonía: Sucumbíos, Napo y Zamora Chinchipe (Valarezo et al., 2013).

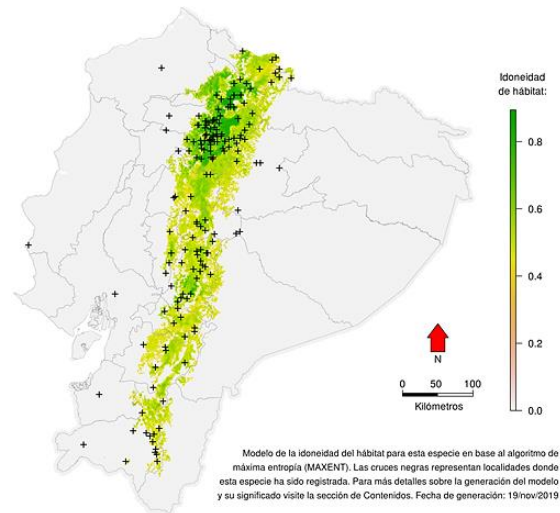


Figura 2 Mapa de distribución potencial de *Baccharis latifolia*. (Romoleroux et al., 2019)

1.2.4. Clasificación Taxonómica

El Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas indica que cada organismo es tratado como un número indefinido de taxones de rango y subordinado (Herbarium Greuter, 2018). Por lo que a esta planta se le asigna a la siguiente categoría taxonómica:

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Baccharis*

Especie: *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pavón) Pers.

Fuente: (Catálogo de La Vida - Lista de Verificación Anual de 2010 : Detalles de La Especie, 2010)

1.2.5. Sinonimia

Baccharis floribunda Kunth, *Baccharis polyantha* Kunth, *Baccharis polyantha* var *macrophylla* Hieron, *Baccharis polyantha* f. *polyantha*, *Baccharis riparia* Kunth, *Molina latifolia* Ruiz & Pav., *Pingraea latifolia* (Ruiz & Pav.) FH Hellwig, *Pluchea glabra* Griseb., *Vernonia otavalensis* Gilli.

1.2.6. Etimología

El nombre del género *Baccharis* proviene del griego *Bakkaris* y fue designado por Linneo en honor al dios Baco, mientras que el epíteto específico *latifolia* se basó en la morfología del arbusto haciendo referencia a las hojas anchas (Aguirre et al., 2019).

1.2.7. Descripción botánica

B. latifolia es un arbusto milenario dioico con una altura de 1 a 4 m. apreciado en la mayoría de culturas antiguas de América del Sur por los grandes beneficios que otorga a la salud, medio ambiente y construcción.

- Tallo

Tallo delgado y anguloso, mientras están tiernos son altamente resinosos entre rojizos y verdes y al madurar se tornan marrones de forma cilíndrica con corteza estriada. Las ramas crecen desde la parte base de forma verticilada dotadas de vesículas resinosas.

- Hojas

Hojas de color verde claro, simples, resinosas, coriáceas de disposición alternada con una dimensión que varía entre 5 a 20 cm de largo y de 1 a 7 cm de ancho, de forma elíptica o lanceolada con punta triangular o ápice agudo, base cuneada o redondeada con 3 venas principales y bordes dentados. En la superficie se observa pequeñas incrustaciones a manera de mechones de pelos. Pecíolo verdoso de 0,5 a 4,5 cm. (Loja Herrera et al., 2017; Paniagua-Zambrana et al., 2020).



Figura 3 Hojas de la *B. latifolia* (Paniagua-Zambrana et al., 2020)

- **Flores**

Inflorescencia en capítulo con flores de color crema o blanquecinos agrupadas en grandes glomérulos al final de cada rama. En las flores femeninas la cabeza está compuesta por 100 a 280 floretes rodeadas con un involucreo de brácteas campanulado o subglobuloso exteriores de 7 mm de largo en serie de 3 y 6, mientras que las flores masculinas se componen con 15 a 45 floretes y su involucreo de 6 mm se forma en series de 3 a 4. Los verticilos de brácteas internas hasta 3,5 veces más largas y lineales que las externas y en ambos casos son de color verde amarillento con forma de copa. Los tubos de los pétalos cortos son estrechos y alargados que están enrollados con más pétalos. El androceo cuenta con 5 estambres y el gineceo consiste en un ovario ínfero.



Figura 4 Inflorescencia de la *B. latifolia* (Paniagua-Zambrana et al., 2020)

- Frutos

Aquenio pequeño y seco que tiene el pericarpio delgado separado de la semilla, de color pajizo similar a una cápsula ovoide de 0,8 a 1,3 mm coronado por una serie de cerdas blanquecinas (Sierra Carrillo, 2019).



Figura 5 Aquenios (Sánchez, 2014)

Su propagación es gracias a la dispersión de las semillas diminutas que se desprenden cuando el vilano se ha desarrollado por completo de tal forma que puedan ser transportadas por el aire. La calidad de la semilla indica la sumatoria de los atributos de la planta y es de gran importancia para diversos usos especialmente en la domesticación de la misma o bioremediación de suelos (Aguirre et al., 2019; Aráoz et al., 2016).

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Analizar las características fitoquímicas, propiedades farmacológicas, usos y aplicaciones más comunes de la Chilca (*Baccharis latifolia*) en el Ecuador.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información correspondiente a la *Baccharis latifolia* en diferentes fuentes bibliográficas y base de datos científicas.
- Determinar los usos tradicionales de *Baccharis latifolia* en las diferentes culturas alrededor del mundo enfocándose principalmente en el Ecuador.
- Identificar los componentes fitoquímicos, las actividades biológicas y las potenciales aplicaciones de los metabolitos secundarios presentes en la planta.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

El presente trabajo corresponde a una investigación documental de tipo revisión bibliográfica la cuál fue elaborada en base a los siguientes criterios:

2.1. Población

Para la población se utilizó artículos científicos que contengan información sobre el género *Baccharis*.

2.2. Muestra

En la muestra se recurrió a la lectura de artículos científicos que contengan información sobre los usos, propiedades fitoquímicas y biológicas de la especie *Baccharis latifolia*.

2.3. Identificación de los temas principales a tratar

Se identificó los temas a tratar en el documento de acuerdo al objetivo general y los objetivos específicos planteados con el fin de limitar la búsqueda en las distintas fuentes de información.

2.4. Recopilación del material bibliográfico

Se realizó la recopilación de la información utilizando diferentes bases de datos científicas como son Scielo, PubMed, Science Direct, Scopus, Google Scholar, The plant list.

2.5. Organización de la información

Se procedió a estructurar el trabajo investigativo de acuerdo con los objetivos planteados, para lo cual se organizó la información obtenida usando el gestor

bibliográfico Mendeley, el cual permitió administrar las diferentes fuentes de información que se recolectaron y al mismo tiempo organizar las citas y bibliografías.

2.6. Identificación del contenido que formará parte del trabajo investigativo y redacción del documento final.

Una vez recolectadas y organizadas las fuentes de información y tener definidos los temas a tratar, se identificó el contenido relevante que ayudó a desarrollar el tema planteado. Para lo cual se realizó una lectura comprensiva de los documentos obtenidos para de esta manera poder extraer aquella información que sea de aporte para el trabajo investigativo. A partir de esta selección se procedió con la redacción del documento final.

El material bibliográfico preseleccionado abarcó 105 fuentes consultadas entre artículos científicos y libros digitales, de los cuales se utilizaron 80 documentos para el desarrollo de la revisión. Para la selección final se consideró todos aquellos que cumplan con los criterios de inclusión acorde a los objetivos planteados en el que presentaran información sobre la especie *Baccharis latifolia* en el Ecuador y que a la vez refleje contenido experimental sobre las características fitoquímicas, propiedades farmacéuticas, aplicaciones y usos tradicionales de la planta.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características fitoquímicas

La fitoquímica es la ciencia dedicada a la identificación y estudio de los componentes químicos que tiene una especie vegetal. Es la parte primordial en la investigación de fármacos y medicamentos herbarios para determinar la calidad de los principios activos de nuevas drogas.

Las características fitoquímicas corresponden a las técnicas empleadas para la detección cualitativa (presencia o ausencia) de metabolitos secundarios de interés en una matriz mediante reacciones químicas sensibles, reproducibles y de bajo costo (precipitación y reacciones de color) con diferentes reactivos para luego dar paso a la extracción y aislamiento de los compuestos presentes en los extractos con el uso adecuado de solventes apropiados (Castillo et al., 2017)

Hay que considerar que el perfil fitoquímico otorgado está influenciado por varios factores, por ejemplo, la temporada de recolección de la muestra, la ubicación, el tiempo de almacenamiento y factores fisiológicos como el uso de órganos distintos de la planta, la edad de la misma y el genotipo (Pérez Hernández et al., 2021).

3.1.1. Metabolitos

En el correcto desarrollo de las plantas al igual que la producción de energía éste organismo es capaz de producir su propio alimento, es decir, sintetiza moléculas como carbohidratos, aminoácidos, lípidos y ácidos nucleicos que agrupados de forma específica dan paso a metabolitos primarios (MP), mismos que participan como factores de crecimiento celular en procesos tales como fotosíntesis, respiración, transporte de solutos y asimilación de nutrientes (Mesa-Vanegas et al., 2019). Así también son capaces de producir otros componentes derivados de las rutas metabólicas que de cierta manera no participan directamente en su metabolismo pero favorecen

otras actividades como la forma de relacionarse con el medio ambiente, atracción de polinizadores y microorganismos beneficiosos, mecanismos de defensa contra insectos, bacterias, patógenos, virus y hongos y la protección ante situaciones de estrés abióticos como sequías y radiaciones ultravioletas, a estos compuestos se les denomina metabolitos secundarios (MS) y son únicos para cada especie aunque similares para aquellos de un mismo género o familia (Hernández-Alvarado et al., 2018). Los MS se ven influenciados por las condiciones de recolección y temporada que se almacene la planta, del órgano que se utilice para la extracción y asilamiento, de la geografía y ubicación de procedencia (Sepúlveda Vázquez et al., 2018). A la actualidad se estiman que alrededor de 200 000 MS han sido identificados y aislados. Sin embargo, este valor comparado con la cantidad de plantas descritas (391 000) es relativamente bajo (Kessler & Kalske, 2018).

3.1.2. Métodos de extracción

Los métodos seleccionados para la extracción de metabolitos secundarios deben cumplir con el requisito de respetar la naturaleza química de los componentes, mismos que puede ser volátiles, resinosos, oleoresinosos, termoestables o termolábiles, lipofílicos o hidrofílicos tratando de evitar la pérdida de algunos compuestos durante el proceso. Teniendo en cuenta todas las consideraciones se puede elegir uno o varios procedimientos para la investigación, entre los más conocidos se encuentran la maceración en frío y caliente, extracción de sólido – líquido (método de Soxhlet), destilación por arrastre de vapor, método asistido por ultrasonido (UAE) y microondas (MAE), extracción por fluidos supercríticos, hidrodestilación y extracción con solventes orgánicos dependiendo de la solubilidad de los metabolitos de interés por ejemplo para sustancias de alta polaridad se recomienda usar etanol, acetona y acetato de etilo y para baja polaridad se utiliza cloroformo y éter de petróleo (Sierra Sarmiento et al., 2018).

3.1.3. Metabolitos presentes en *Baccharis latifolia*

B. latifolia ha sido objeto de estudio en muchas investigaciones por los beneficios que ofrece y que han sido reportados en la población de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile especialmente en la medicina tradicional. Para la

identificación de grupos químicos presentes en la planta existen diferentes ensayos con una gran variedad de solventes orgánicos con mayor incidencia de uso del agua y etanol. (Tabla 1).

Tabla 1 Cribado fitoquímico de *Baccharis latifolia*

Grupo funcional	Contenido	Parte / Órgano	Tipo de Extracción / Solvente	Ensayo	Referencia
Flavonoides	+++	Hojas secas	Maceración / Etanol 96	Método colorimétrico por quelación con AlCl ₃	(Enríquez et al., 2018)
Compuestos fenólicos	+++	Hojas secas	Maceración / buffer fosfato pH 7	Método de Folin Ciocalteu	(Gonzales et al., 2021)
Monoterpenos	+++	Partes aéreas frescas	Hidrodestilación / Agua	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas	(Pellegrini et al., 2017)
Sesquiterpenos	++	Partes aéreas frescas	Hidrodestilación / Agua	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas	(Pellegrini et al., 2017)
Triterpenos	++	Partes aéreas secas	Maceración / Etanol 96°	Prueba de Lieberman Buchard	(Calle et al., 2017)
Taninos	+	Hojas	Hidrodestilación / Etanol	Reacción colorimétrica solución de FeCl ₃ al 1%	(Herrera-Fuentes et al., 2017)
Alcaloides	+	Partes aéreas secas	Maceración / Etanol 96°	Prueba de Dragendorff	(Calle et al., 2017)
Quinonas	-	Partes aéreas secas	Maceración / Etanol 96°	Prueba de Borntranger	(Calle et al., 2017)

Carbohidratos	++	Ramas floridas	Maceración / Etanol 70%	Prueba de Molish	(Loja Herrera et al., 2017)
	+++		Maceración / Ácido clorhídrico 25%		

“+++” concentración alta, “++” concentración media, “+” concentración baja, “-” ausencia

Se han descrito alrededor de 30 compuestos entre los que se destacan compuestos fenólicos (flavonoides y taninos) como la acacetina, luteonina y quercetina, monoterpenos especialmente el limoneno que es el componente de mayor concentración en todos los órganos de la planta (30%), sesquiterpenos con una concentración del 20% siendo el Germacreno D el representante mayoritario, así también diterpenos, triterpenos, alcaloides y ácidos grasos (Tabla 2).

Tabla 2 Compuestos fitoquímicos presentes en *Baccharis latifolia*

Grupo	Categoría Actividad biológica	Metabolito	Concentración	Referencia	
Parte subterránea					
Terpenos	Lactonas Sesquiterpénicas	Euparina	ND	(Martinez et al., 2005)	
	Antiinflamatoria y antimicrobiana	Epoxitimol de isobutirato	ND		
	Sesquiterpeno	Germacreno D	ND	(Prada et al., 2016)	
	Triterpeno	Escualeno	ND		
Partes aéreas (tallos, hojas y flores)					
Compuestos fenólicos	Capacidad Antioxidante, Antimicrobiana Anticancerígeno	Flavonoides	Acacetina	ND	(Sequeda-Castañeda et al., 2015)
		Luteonina	ND		
		Rhamnazina	ND		
		Quercertina	27,5 % $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$		
Rhamnetina	ND				

	Kaempferol	ND	(Calle et al., 2017)
	Apigenina	ND	(Gutierrez et al., 2016)
	Cumarina	ND	
	Gonzalitosina	ND	
	Rutina/rutósido	ND	
	Tanino		(Sequeda-
Estimulador del sistema inmunológico	Ácido Gálico	ND	Castañeda et al., 2015)
	α - felandreno	9,6% $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$	
	β – felandreno	10,32 mg/g dw	
	Canfeno	0,60±0,01% $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$	(Pellegrini et al., 2017;
Monoterpenos	terpinen-4-ol	0,32±0,08% $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$	Valarezo et al., 2013)
Antimicrobiano	Limoneno	33,72 mg/g dw	(Tariq et al., 2019)
Antiviral	Sabineno	10,28 mg/g dw	
Insecticida	α - pineno	5,44 mg/g dw	
	β - pineno	6,99 mg/g dw	
	Carvacrol	ND	
Terpenos	Óxido de cariofileno	0,45±0,21% $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$	(Pellegrini et al., 2017)
	Germacreno D	20,5 mg/g dw	(Valarezo et al., 2013)
Sesquiterpenos	Gurjuneno	0,34% $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$	(Sequeda-
Antimicrobiano	γ – curcumeno	5,4 mg/g dw	Castañeda et al., 2015)
	β - Cubebeno	0,13% $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$	
	α – Cadinol	0,62±0,07% $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$	
	Diterpeno		
Antibacteriana, anti fúngica, antiinflamatoria	Labdano	ND	(Prada et al., 2016)

Triterpenoide				
	Promotor en la absorción del colesterol	Friedelina	ND	(Sequeda-Castañeda et al., 2015)
Alcaloide	Estimulante, Síntesis de proteínas	Bacarina	ND	
Ácido graso	Antiinflamatorio	Ácido hexadecanoico	ND	(Tariq et al., 2019)

ND: Presencia no cuantificada, “g dw”: g de muestra seca

3.1.3.1. Flavonoides

Los flavonoides son una subclase de los compuestos polifenoles pertenecientes a los metabolitos secundarios más abundantes de la naturaleza en plantas y hongos cuya característica principal es la presencia en pigmentos de color amarillo en distintas especies al cual se le atribuye su nombre (Pérez Romero & Orellana Haro, 2020).

En los últimos años se ha potenciado estudios e investigaciones de fuentes naturales ricas en estos compuestos debido a los beneficios reportados como sus efectos antioxidantes, propiedades antiinflamatorias, cardioprotectores, antidiabéticos, anticancerígenos, vasodilatadoras, antialérgicas, antivirales, antienvjecimiento, promotores del sistema inmunológico y brindar protección a la piel frente a los rayos ultravioletas (Tungmunnithum et al., 2018; Wang et al., 2018).

En las plantas se encuentran en estado libre y químicamente su estructura es de bajo peso molecular formado por un esqueleto carbonado C₆-C₃-C₆ de dos anillos de fenilos (A y B) unidos por tres átomos de carbono que pueden o no formar un tercer anillo heterocíclico (C) de pirano. Sobre esta base se pueden dar miles de sustituciones que dan paso a las siguientes subclases: Flavonoles flavonas, flavanonas, flavanoles antocianidinas, chalconas, auronas e isoflavonas (Duarte & Pérez-Vizcaíno, 2015).

Según Calle et al. (2017), el contenido total de flavonoides en las hojas de *Baccharis latifolia* fue de 8,03 ± 0,31 mg eq Lu/g de hojas cuantificado con espectroscopia UV/Vis y HPLC de extractos de etanol 96° (Maceración 1:15 (p/v)). En la figura 7 se observan las estructuras de los flavonoides presentes en la *B. latifolia*. Otro ensayo

indicó que la concentración de quercetina fue cuantificada en un extracto macerado de las hojas secas con etanol-agua obteniendo un total de 27,5 % $\frac{mg\ comp.}{g\ dw}$ (Sequeda-Castañeda & Luengas-Caicedo, 2016).

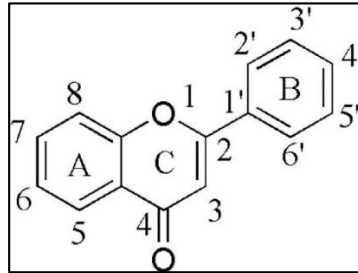
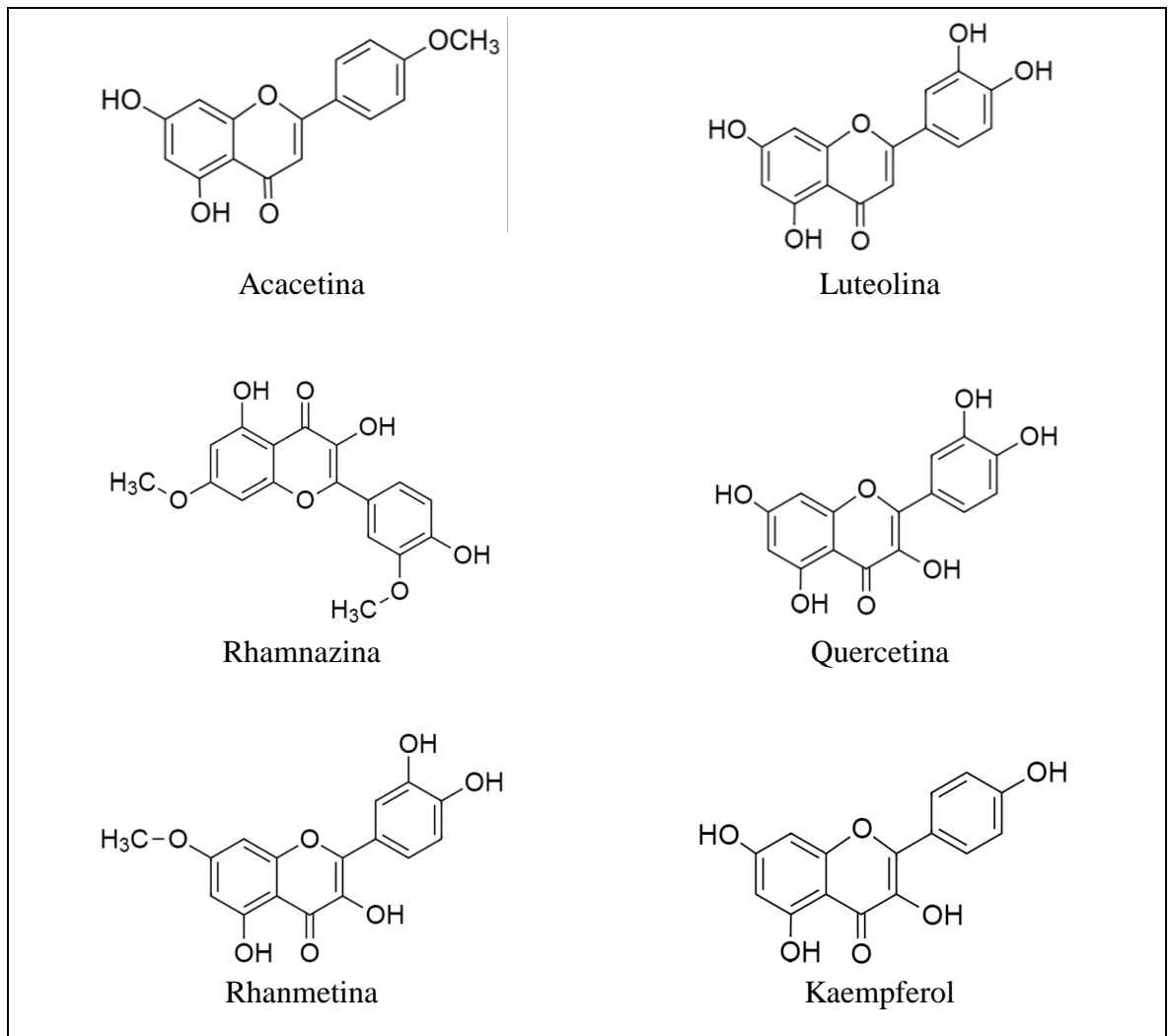


Figura 6 Esqueleto básico o estructura de los flavonoides



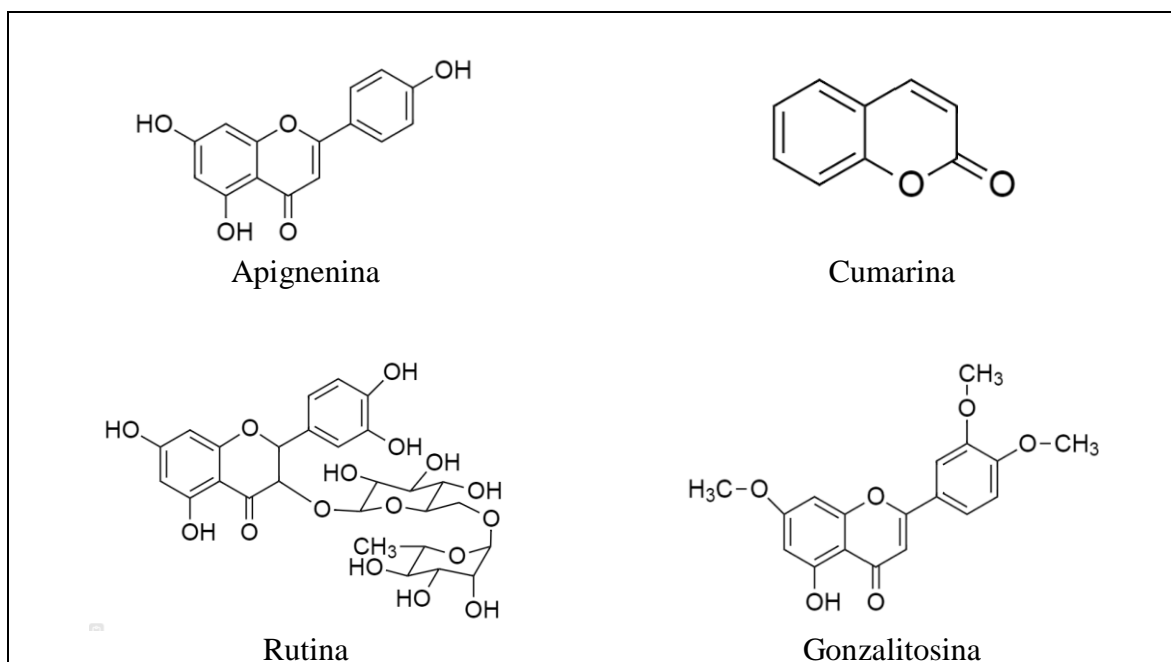


Figura 7 Flavonoides de *B. latifolia* (partes aéreas)

3.1.3.2. Taninos

Los taninos pertenecen a los compuestos polifenólicos en la que al menos contiene un grupo hidroxilo (-OH) en uno o más anillos de fenol. El peso molecular de los compuestos de este grupo varían desde 500 a 20 000 Dalton. Estos metabolitos pueden ser ésteres de ácido gálico o sus derivados unidos a otras moléculas (Olivas-Aguirre et al., 2015). En *B. latifolia* se encuentra el ácido gálico como único galotanino de los taninos hidrolizables detectando su presencia del aceite esencial extraído de las partes aéreas frescas (Sequeda-Castañeda et al., 2015).

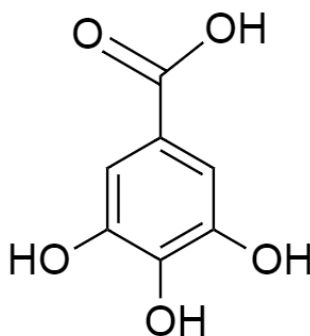


Figura 8 Ácido gálico

3.1.3.3. Terpenos

El grupo más grande y diverso de los metabolitos presentes en plantas está dedicado a los terpenos también conocidos como isoprenoides, se incluyen sustancias química, estructural y funcionalmente distintas que rodean más de 80 000 compuestos identificados (Zhou & Pichersky, 2020). Están presentes tanto en el metabolismo primario con funciones esenciales y a la vez participan en el metabolismo secundario para la supervivencia, tolerancia ambiental y evolución de la planta lo que le concede propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, antiplasmódico y cualidades aromáticas, sabor amargo y pigmentación en flores, frutos todas útiles en las industrias cosméticas, farmacéutica, alimentarias, agrícola y medicinal herbolaria (Calderín Campell & Calderín Campell, 2018; Cox-Georgian et al., 2019).

Los terpenos son hidrocarburos simples que se derivan de los precursores dimetilalil difosfato (DMAPP) y del isopentil difosfato (IPP), mientras que los terpenoides son terpenos con un resto de oxígeno y con más reordenamientos estructurales (Boncan et al., 2020). Se los clasifica en base a la organización y unidades de isopreno: hemiterpeno (5C), mono- (10C), sesqui- (15C), di-(20C), sester- (25C), tri- (30C), tetra- (40C) y poli- (>40C) (Tetali, 2018). La detección de los componentes terpénicos en las raíces se realizó con muestras secas en un extracto etanólico, para la identificación se usó espectroscopia infrarroja (IR) (Sequeda-Castañeda et al., 2015).

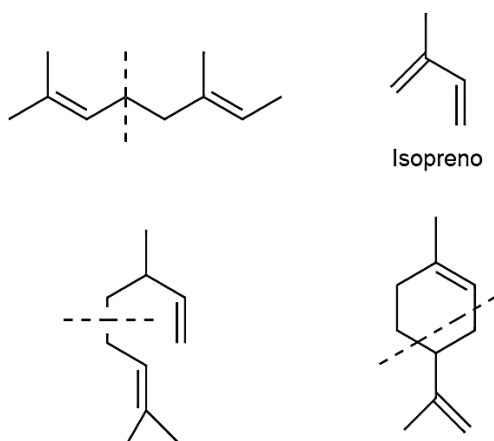


Figura 9 Esqueletos de los Terpenos

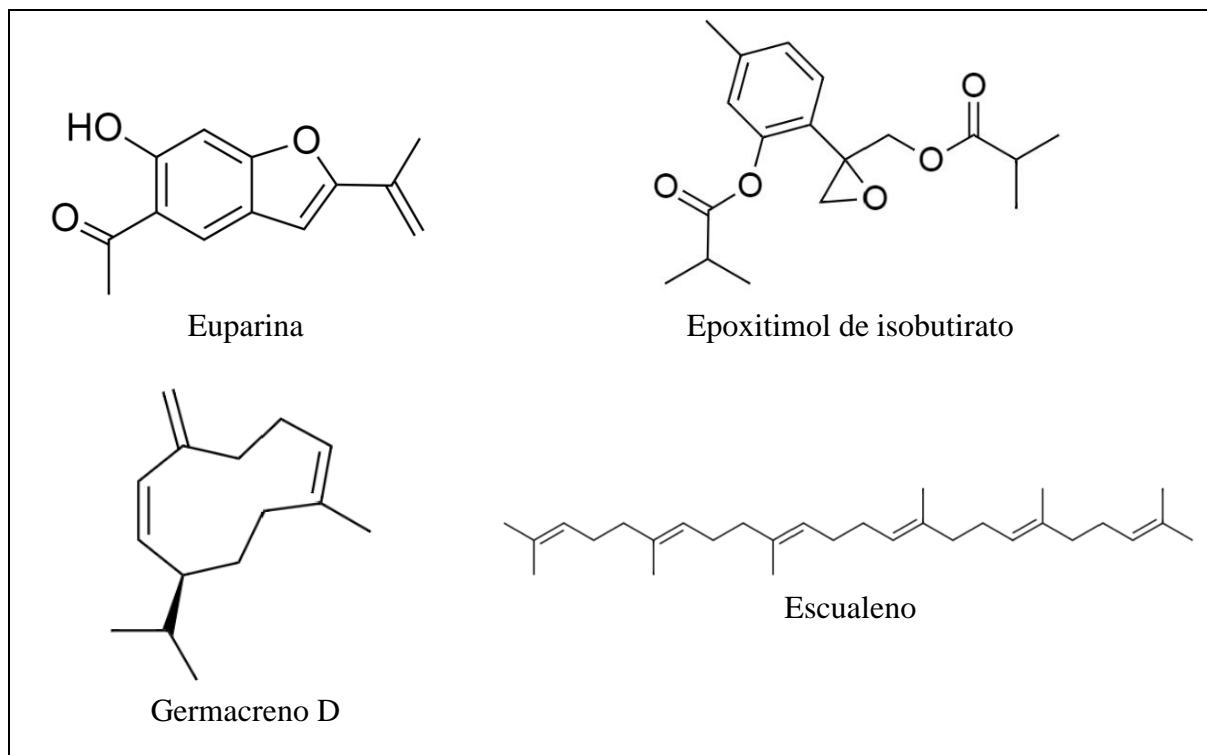


Figura 10 Terpenos presentes en la raíz de *B. latifolia*

3.1.3.4. Monoterpenos

Son los compuestos base de la nomenclatura y los más pequeños del resto de terpenos ($C_{10}H_{16}$) siendo las sustancias volátiles de flores, frutos, hojas y parte de los aceites esenciales que ayudan en el proceso de floración y atracción de polinizadores. Pueden llegar a ser hasta el 5% del peso seco de la planta. Presentan actividades antivirales, resistencia al calor (estrés abiótico), antimicótica y mejoran la calidad y variedad aromática (Calderín Campell & Calderín Campell, 2018; Cox-Georgian et al., 2019).

La detección de los monoterpenos fue en el aceite esencial de *B. latifolia* de las partes aéreas secas por hidrodestilación, su cuantificación (tabla 2) se dio a través es cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/MS) (Pellegrini et al., 2017; Valarezo et al., 2013). La presencia del carvacrol en esta planta fue reportada por Tariq et al. (2019), como componente antifúngico.

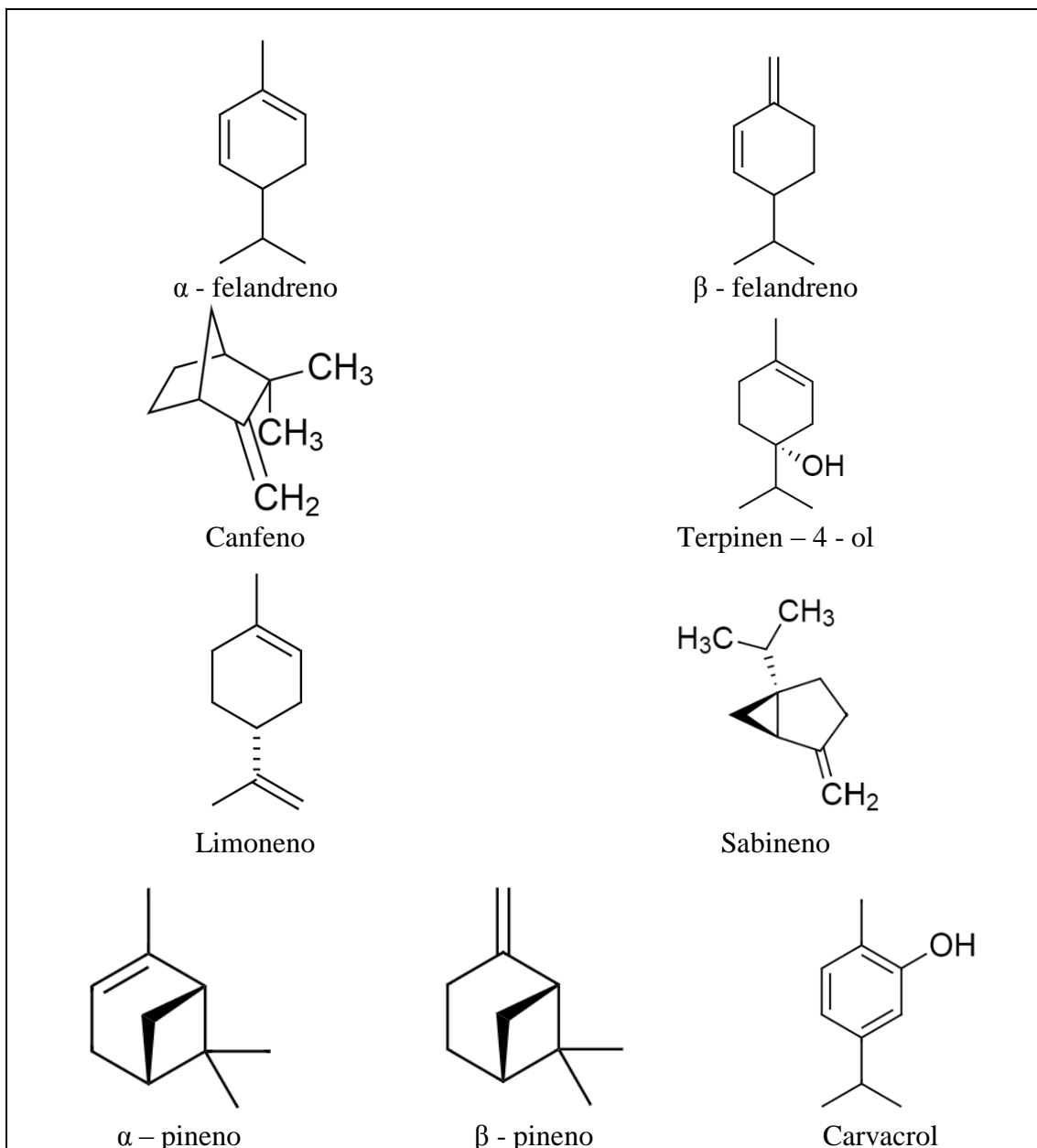


Figura 11 Monoterpenos de *B. latifolia* (Parte aérea)

3.1.3.5. Sesquiterpenos

Son terpenoides compuestos por un esqueleto de 15 carbonos (C₁₅ H₂₄) presentes en plantas, hongos, insectos y coral, varían en función al modo de unión desde acíclicos, monocíclicos, bicíclicos, etc., brindando características como fitoalexinas, antibióticos, anticancerígeno, repelentes contra herbívoros oportunistas, hormonas, atrayentes de polinizadores (Calderín Campell & Calderín Campell, 2018; Cox-

Georgian et al., 2019; Primo Yufera, 2020). La concentración de los sesquiterpenos fue determinada usando los aceites esenciales de las partes aéreas de la planta con técnica GC/MS (tabla 2).

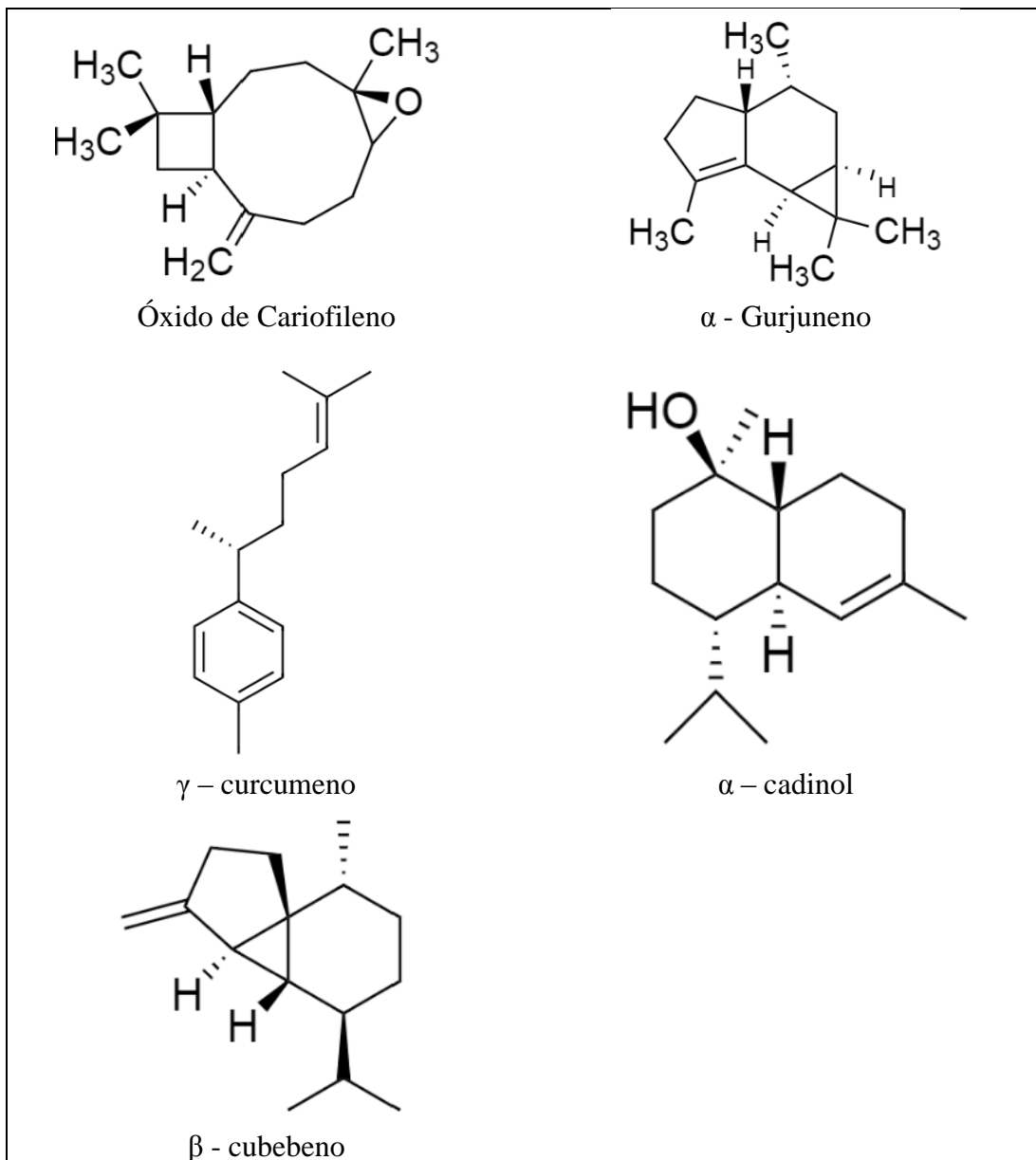


Figura 12 Sesquiterpenos de *B. latifolia* (Parte aérea)

3.1.3.6. Diterpenos

Su estructura está conformada por 20 carbonos y se sintetizan por las vías del ácido mevalónico, son la base para la formación de compuestos importantes con actividad

antimicrobiana. Comparten actividades biológicas con otros terpenos y además se los usa como alucinógenos, conservantes, edulcorantes y fragancias para alimentos (Islam et al., 2016). Según Prada et al. (2016), menciona que en *B. latifolia* se aislaron 7 compuestos presentes en fracciones de los extractos etanol-agua de partes aéreas en los que se encontró el labdano y el germacreno D (sesquiterpeno).

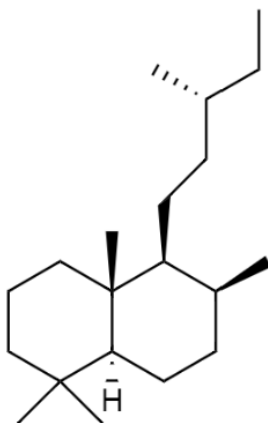


Figura 13 Labdano

3.1.3.7. Triterpenos

Son compuestos bioactivos de origen vegetal, animal y fúngico, muy diversos en la que su estructura tiene 30 carbonos junto con unidades de isopreno clasificándose en líneas o cíclicos. En las plantas son parte del metabolismo primario y en taxones específicos participan en el metabolismo secundario. Son representantes de propiedades antivirales, antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas al ser citotóxicos contra células tumorales pero baja actividad hacia células normales (Chudzik et al., 2015; Miettinen et al., 2018). La friedelina es el triterpeno presente en *B. latifolia* (partes aéreas) detectado cualitativamente en el extracto etanólico con IR (Ministerio de la Protección Social de Colombia, 2008; Sequeda-Castañeda et al., 2015).

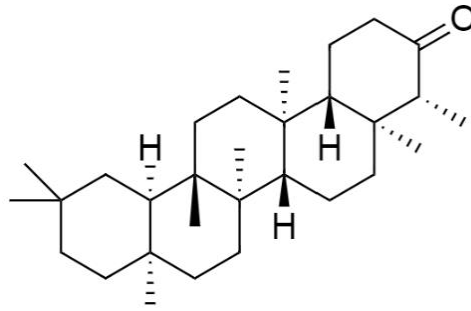


Figura 14 Friedelina

3.1.3.8. Alcaloides

Son sustancias dotadas de anillos heterocíclicos con gran actividad dentro del metabolismo de la planta especialmente para su crecimiento y reproducción siendo depósitos para la síntesis de proteínas y estimulantes. Son solubles en solventes orgánicos (Sierra Sarmiento et al., 2018). Las hojas de *B. latifolia* son la fuente más rica de metabolitos secundarios con gran diversidad gracias a su capacidad de adaptación a diferentes climas y suelos, en las cuales de entre todos los metabolitos secundarios se encuentra la Baccarina (Sequeda-Castañeda et al., 2015).

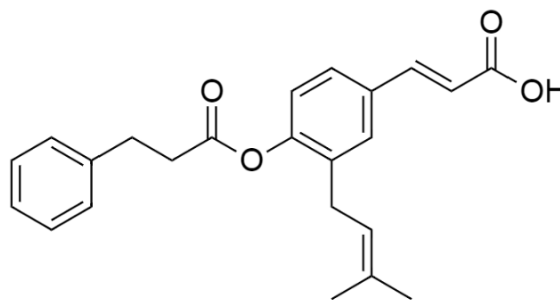


Figura 15 Alcaloide de *B. latifolia* (Baccarina)

3.1.3.9. Ácidos grasos

Los ácidos grasos en la naturaleza están presente en plantas de forma libre o esterificada, se caracterizan por poseer una cadena hidrocarbonada con número y posición distintiva de enlaces dobles. Se encuentran especialmente en las hojas y con bajas concentraciones en algunas raíces (Collanes et al., 2011). En *B. latifolia* se

encuentra el ácido hexadecanoico o comúnmente llamada ácido palmítico al cual se le atribuye actividad antifúngica por capacidad de alterar la membrana celular fúngica (Tariq et al., 2019). Funciona como antiinflamatorio pues pueden inactivar la acción del Factor nuclear de las células B (NF-kB), liberación de Factor de Necrosis Tumoral (TNF) y adhesión y migración de glóbulos blancos (Honigmann de Beraza, 2018).

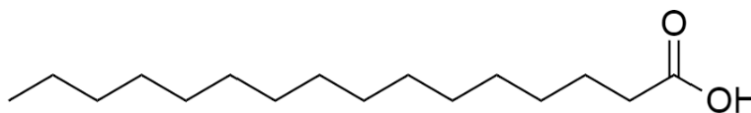


Figura 16 Ácido palmítico presente en *B. latifolia*

3.2. Usos etnobotánicos

El conocimiento ancestral acerca de los beneficios de ciertas plantas medicinales para el tratamiento de dolores óseos y musculares ha permitido su utilización por parte de la población. Todos los usos están basados en creencias y patrones de las personas según su rol social y a la comunidad o ubicación geográfica en la que se encuentran. Según la utilidad que se pueda brindar a las plantas, se las clasifica en varias categorías: medicina, alimento de animales, construcción, combustibles, entre otros (Tinitana et al., 2016). La flora silvestre varía según la importancia cultural de un sector, sin embargo, tiene mucho en común al compararla con culturas de otros países andinos.

En el Ecuador, un estudio realizado por Moncada-Rangel & Morales Muñoz (2017), refleja el uso de plantas útiles del bosque de Carchi donde predominan las especies de las familias Asteraceae, Fabaceae y Lamiaceae con utilidades variadas en el que destaca el uso de especímenes para el ámbito medicinal, continuando con el alimentario y maderable (figura 17). Así también Sánchez-Robles & Torres-Muros (2020), reportó resultados similares para la provincia de Cañar de un total de 71 especies, el 90% corresponde a plantas medicinales con propiedades analgésicas, antiinflamatorias y tratamiento de “dietas” o postparto. También menciona que la raíz y el tallo son las partes más utilizadas para todos los tratamientos (Figura 18), de la

misma manera indica que *Baccharis latifolia* se utiliza como antiséptico, digestivo y antiinflamatorio ya sea en infusiones y en trozos en comidas.

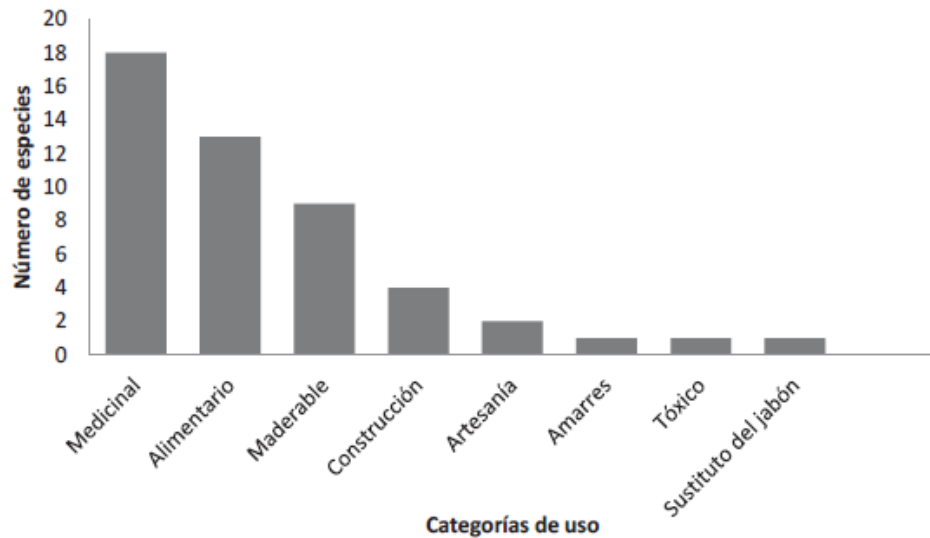


Figura 17 Número de especies por categoría de uso en Carchi, Ecuador (Moncada-Rangel & Morales Muñoz, 2017)

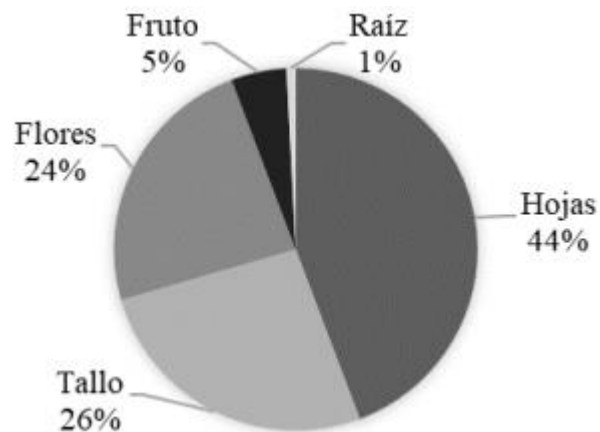


Figura 18 Porcentajes de las partes de la planta para uso medicinal (Sánchez-Robles & Torres-Muros, 2020)

En Perú, según Castañeda Sifuentes & Albán Castillo (2016), reveló el uso de plantas silvestres en diferentes categorías con un elevado porcentaje en uso medicinal (figura 19) destacando Asteraceae con el 18% de la flora analizada.

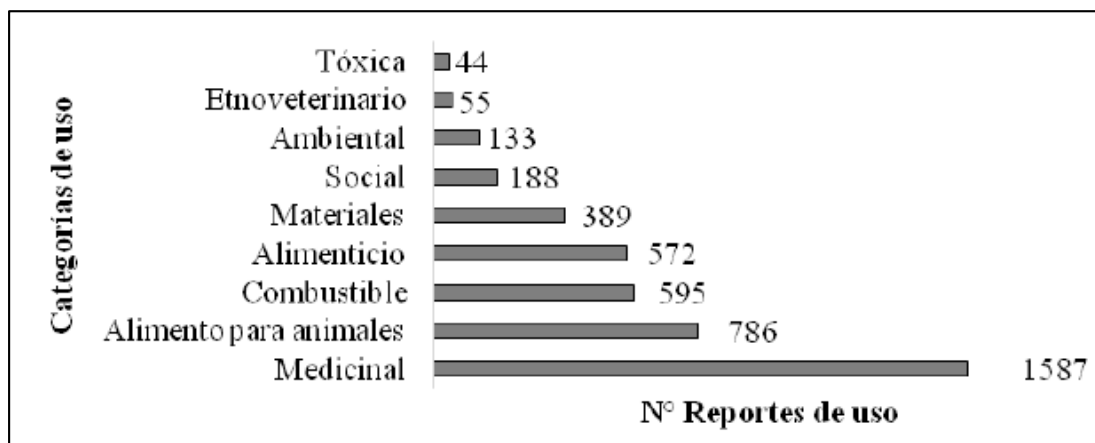


Figura 19 Número de reportes de uso por categorías de plantas silvestres en Perú (Castañeda Sifuentes & Albán Castillo, 2016)

En el caso de la *B. latifolia* presenta diversas formas de utilización las cuales han sido reportadas en algunos estudios realizados en varios países de América del Sur.

Usos medicinales: la infusión de las hojas se usa en administración oral para tratamiento de gangrenas, diarrea y hemorroides. Las hojas tiernas solas o junto a algún ungüento de grasa animal son usadas para el dolor de cabeza, tratar lisiaduras y dislocaciones de huesos e hinchazones. Frotarse las hojas calientes ayuda aliviar los golpes y otros dolores reumáticos al igual que alivia el dolor de muelas. Las flores tiernas sin abrirse completamente en infusión junto con cebolla disminuyen el dolor de cólicos e inflamación del aparato reproductor femenino. Las hojas y flores junto a otras especies como ruda, marco, santa maría son usadas para limpiar el “mal aire” o “mal de ojo” y se incluyen baños corporales de las infusiones de estas plantas.

Alimento para animales: Las hojas netamente son usadas a manera de forrajes para herbívoros domesticados (vacas, caballos, cuyes, conejos, ovejas), en infusiones es administrados para desinflamar el estómago de los animales.

Agroforestería: *B. latifolia* al ser un arbusto de gran adaptabilidad y resistencia ayuda a la conservación y restauración de terrenos erosionados.

Construcción y materiales: Los tallos maduros son duros y los utilizan como madera para elaborar utensilios de cocina, refugios y chozas. Así también por su alto contenido en flavonoides en las hojas se usa como tintes naturales de tonos verdosos y amarillos para teñir las fibras de futuras prendas de vestir.

Combustible: Ramas y hojas secas se utilizan como leña (Aguirre et al., 2019; Castañeda Sifuentes & Albán Castillo, 2016; De la Torre et al., 2008; Prada et al., 2016; Sánchez-Robles & Torres-Muros, 2020).

3.3. Actividad biológica

3.3.1. Actividad antiinflamatoria

La inflamación es uno de los mecanismos de defensa del cuerpo a través del cual, se trata de mantener en equilibrio todas las condiciones homeostáticas contra las amenazas que se inicia al ingreso de algún agente externo como bacterias, virus, hongos, polvo, entre otros que se abren paso a través de una lesión o herida (Peñaherrera et al., 2016). Se inicia con la respuesta inmunológica del cuerpo a manera de una cascada regulada para liberar sustancias químicas (mediadores) que generan dolor, enrojecimiento, irritación, hinchazón, calor y pérdida de la función de la zona afectada que puede desencadenar el aumento de temperatura corporal (fiebre) y sensación de cansancio (Ashraf et al., 2021).

Basados en estos conocimientos Gutiérrez *et al.*, (2016), describió un ensayo sobre el uso de las hojas de *B. latifolia* en un extracto etanólico para reducir un edema en pata de ratas artríticas inducida por la carregenina. La capacidad antiinflamatoria se midió con la valoración macroscópica de la artritis (evaluación de peso (Figura 21) y espesor del edema) en el cual, con una dosis diaria de 500 a 600 mg/kg peso corporal el edema se redujo significativamente con respecto a la inflamación (Figura 20), además que retrasó el proceso de destrucción del hueso y mejoró la movilidad en las articulaciones.

La presencia de flavonoides y triterpenos en la planta actúan inhibiendo la acción de la prostaglandina sintetasa (PTGS1) disminuyendo la concentración de prostaglandinas, y otras enzimas como la ciclooxigenasa COX 1 y COX 2, óxido nítrico NO y factor de necrosis tumoral TNF (Gutierrez et al., 2016; Ramírez Rodríguez et al., 2020).

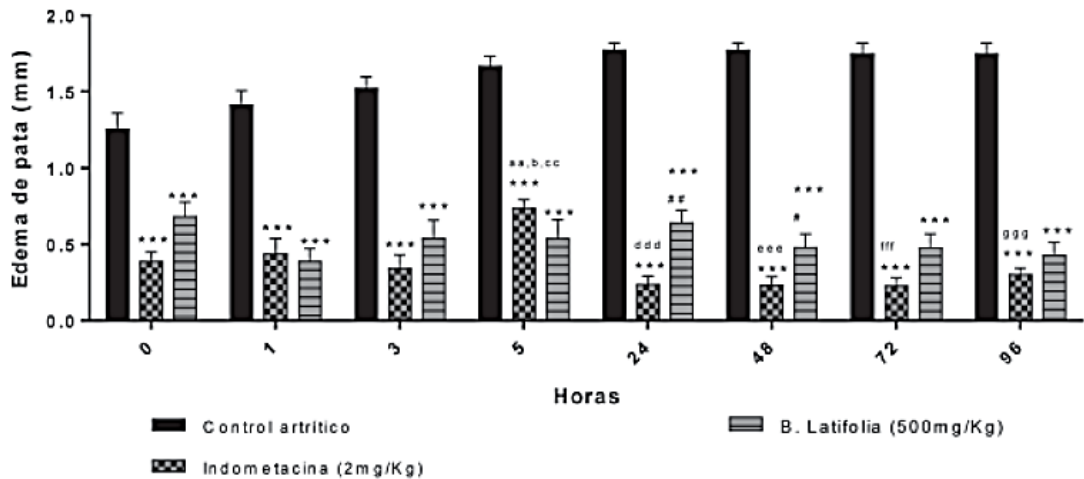


Figura 20 Efecto de *B. latifolia* en el espesor del edema de pata de animales de experimentación (Gutierrez et al., 2016)

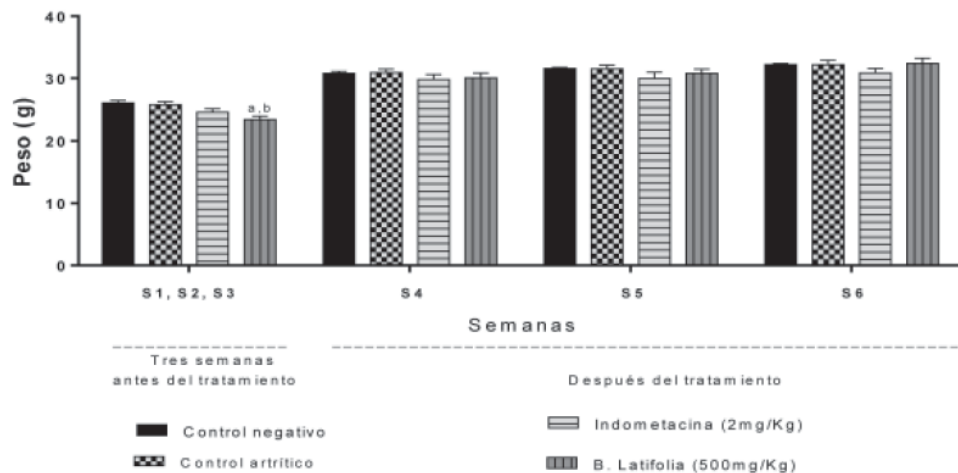


Figura 21 Efecto de *B. latifolia* sobre el peso de animales de experimentación (Gutierrez et al., 2016)

Similar a esto fue descrito el estudio de González et al. (2007), con la evaluación del potencial antiinflamatorio de *B. latifolia* en edema auricular en ratas inducido por

aceite de crotón. Se prepararon 4 extractos del material vegetal con diferentes solventes orgánicos B1 (etanol + diclorometano), B2 (etanol insoluble en agua), B3 (acetato de etilo) y B4 (etanol soluble en isobutanol), los cuales al ser aplicados en una dosis de 500 µg/oreja generaron un porcentaje de inhibición de $82 \pm 15\%$, $78 \pm 11\%$, $64 \pm 11\%$ y $60 \pm 9\%$ respectivamente. Dichos valores indican una alta capacidad desinflamatoria por parte de los extractos ya que al compararlo con el control positivo indometacina (72% de inhibición) solo existía una diferencia de 1%.

3.3.2. Actividad antioxidante

Los antioxidantes son moléculas químicas complejas capaces de neutralizar radicales libres previniendo el envejecimiento y muerte celular que pueden desencadenar enfermedades degenerativas y cáncer. Están presente en grandes concentraciones en las plantas tanto en hojas y frutos especialmente en cítricos (Vallejo-Zamudio et al., 2017)

En el daño oxidativo participan las especies reactivas de oxígeno llamadas también ROS (Reactive oxygen species) que son compuestos altamente inestables de los que destacan el peróxido de hidrógeno, ion súper óxido y el hidroxilo, mismos que son capaces de desestabilizar biomoléculas importantes como glúcidos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos afectando hasta 1 millón de moléculas en una sola reacción en cadena (Chaves-Ulate & Esquivel-Rodríguez, 2019; Coronado H et al., 2015). Los radicales son producidos internamente en las mitocondrias, peroxisomas y liposomas así como también ingresan al organismo por la exposición a gases industriales, tabaco, contaminación ambiental y medicamentos (Vallejo-Zamudio et al., 2017).

Todos los daños que producen los ROS provocan que el uso de antioxidantes se incremente cada día al igual que la búsqueda de nuevas fuentes de estos. Varios estudios han sido realizados con el fin de determinar la capacidad antioxidante de *B. latifolia*. Así Gonzales et al. (2021) determinó la actividad antioxidante *in vitro* e *in vivo* de extractos acuosos preparados con las hojas maceradas en buffer fosfato pH 7. Para el ensayo *in vitro* se utilizó el extracto contra el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) obteniendo un $IC_{50} = 107,7 \pm 0,5 \mu\text{g/ml}$, lo que indica una actividad moderada. También se determinó el contenido de fenoles evidenciando una

concentración de $33,4 \pm 0,3$ mg GAE/g dw (GAE= Equivalente de ácido gálico, g dw= gramos de peso seco). En base a estos resultados se determinó el gran potencial antioxidante de la planta debido en parte a la presencia de fenoles y flavonoides que tiene la capacidad de secuestrar radicales libres, quelantes férricos e inhibir enzimas oxidasas.

En el ensayo *in vivo* el extracto fue probado en la levadura mutante *Saccharomyces cerevisiae sod 1* (carece del gen SOD para la enzima superóxido dismutasa) para identificar la protección que brinda el extracto en presencia de peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Se realizó dos variaciones de ensayos, el primero para identificar la actividad antioxidante total (Figura 22 A) y la segunda para diferenciar entre la protección intracelular y extracelular (Figura 22 B). En base a esto se determinó que con $100 \mu l$ del extracto de *B. latifolia* se crea un gran potencial como protector extracelular al contrarrestar la acción del H_2O_2 .

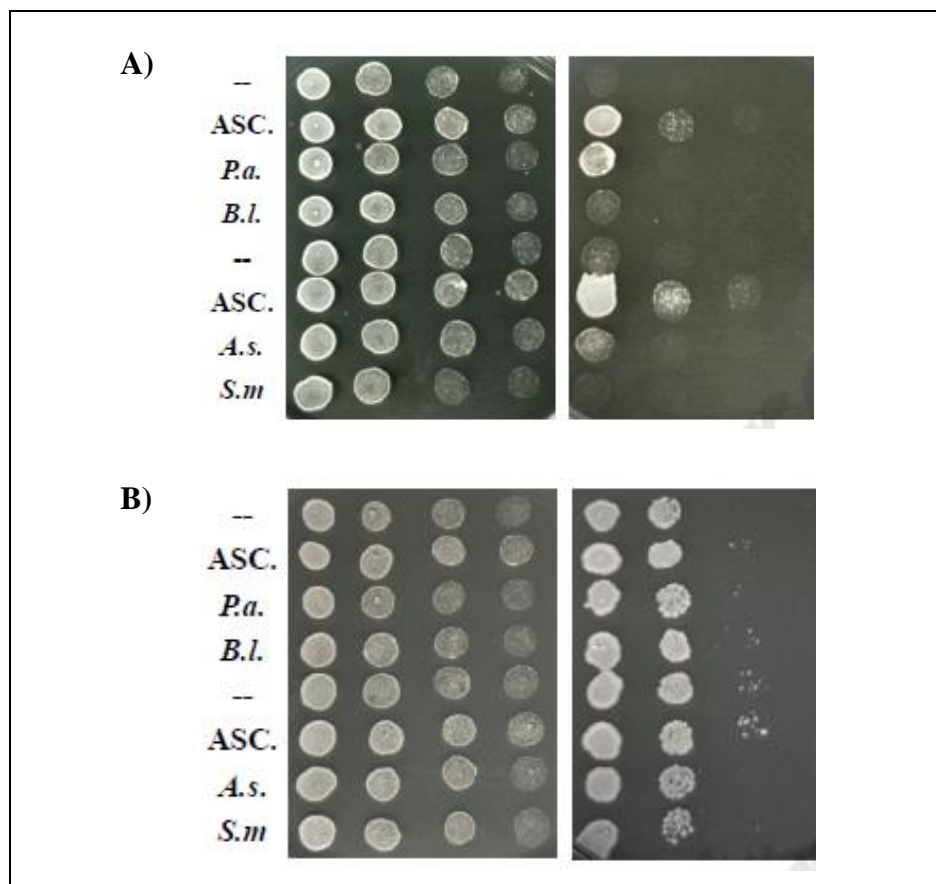


Figura 22 Efecto de extractos acuosos y capacidad antioxidante de plantas en *S. cerevisiae* (Gonzales et al., 2021)

Así mismo Bayas Morejón et al., (2020), reportó el potencial antioxidante de los tallos, hojas y flores en un ensayo con peróxido de hidrógeno midiendo la concentración de éste en un espectrofotómetro a 230 nm con diferentes concentraciones, dando como resultados que las flores en una concentración de 60 mg/ml producen mayor capacidad de secuestras moléculas de H₂O₂ como se indica en la tabla 3.

Tabla 3 Efecto antioxidante de *Baccharis latifolia*

Extracto	Concentración (mg ml⁻¹)	% de peróxido secuestrado
Flores	20	46,36
	40	41,04
	60	47,25
Tallos	20	42,08
	40	19,23
	60	18,72
Hojas	20	5,62
	40	3,92
	60	0,84
Raíces	20	0,00
	40	0,00
	60	0,00

Fuente: (Bayas Morejón et al., 2020)

3.3.3. Actividad Antibacterial

La naturaleza hidrofóbica de los componentes de aceites esenciales permite que se aglomeren en la membrana plasmática de los microorganismos produciendo un desequilibrio en el sistema celular y alterando la permeabilidad dando como resultado la salida de material intracelular, daño al sistema enzimático y pérdida de contenido que termina finalmente en la muerte celular de bacterias. Entre esto destacan los monoterpenos especialmente el limoneno (Pellegrini et al., 2017). En tanto a los extractos de tejidos vegetales contienen una mezcla compleja de metabolitos como alcaloides, glucósidos, terpenoides, flavonoides, taninos y lignanos (Sakha et al., 2018). Actúan permeabilizando las membranas celulares, lo cual provoca trastornos metabólicos en los microorganismos (Villacís-Aldaz et al., 2017).

Una investigación realizada en Ecuador en la provincia de Bolívar indica que los extractos etanólicos de la raíz, tallos, hojas y flores tienen un buen potencial antimicrobiano al ser expuestos contra cepas de *Listeria spp.*, *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*, donde la capacidad antimicrobiana se midió a través de las zonas de inhibición obteniendo un diámetro >15 mm, >20 mm y >7 mm respectivamente (Figura 23). Esta acción puede deberse a la presencia de monoterpenos y flavonoides en el extracto pues se les atribuye la responsabilidad de brindar a la planta la resistencia contra microorganismos (Bayas Morejón et al., 2020).

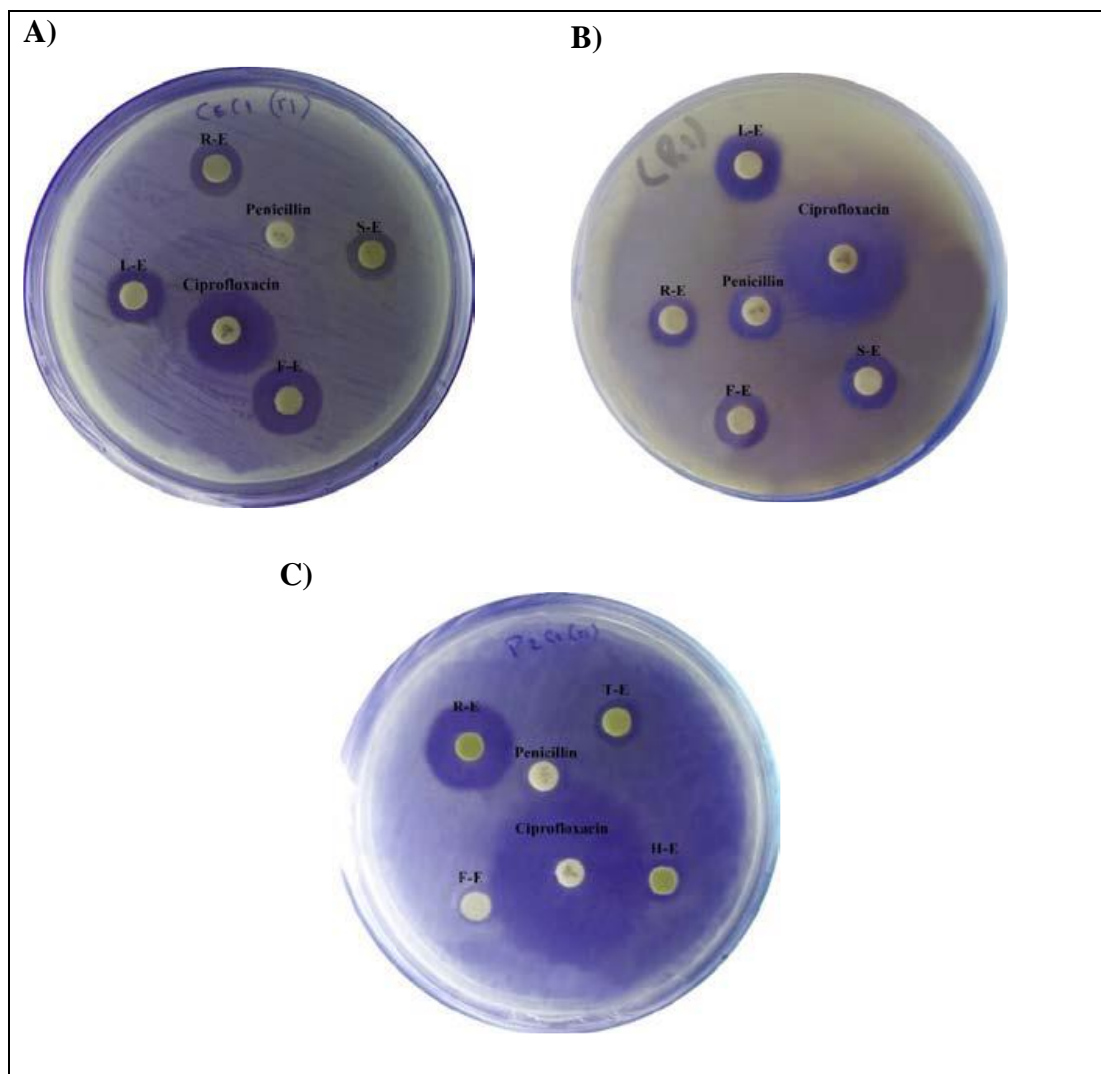


Figura 23 Efecto antimicrobiano del extracto de *B. latifolia* **A)** *Listeria*, **B)** *Salmonella* y **C)** *E. coli*. **R-E** Extracto de raíces, **S-E** Extracto de tallos, **L-E** Extracto de hojas y **F-E** Extracto de flores (Bayas Morejón et al., 2020)

Otro ensayo realizado en Bolivia con extractos etanólicos de las hojas de *B. latifolia* (50 µg/ml) da a conocer la actividad antimicrobiana de esta especie contra *Staphylococcus aureus* tanto en cepas sensibles como resistentes a través de la medición de la zona de inhibición, mismo que fue de 24 mm y 23 mm respectivamente indicando una buena actividad comparada con la zona de inhibición de la gentamicina (40 mm) usada como control positivo del ensayo (Figura 24) (Calle et al., 2017).

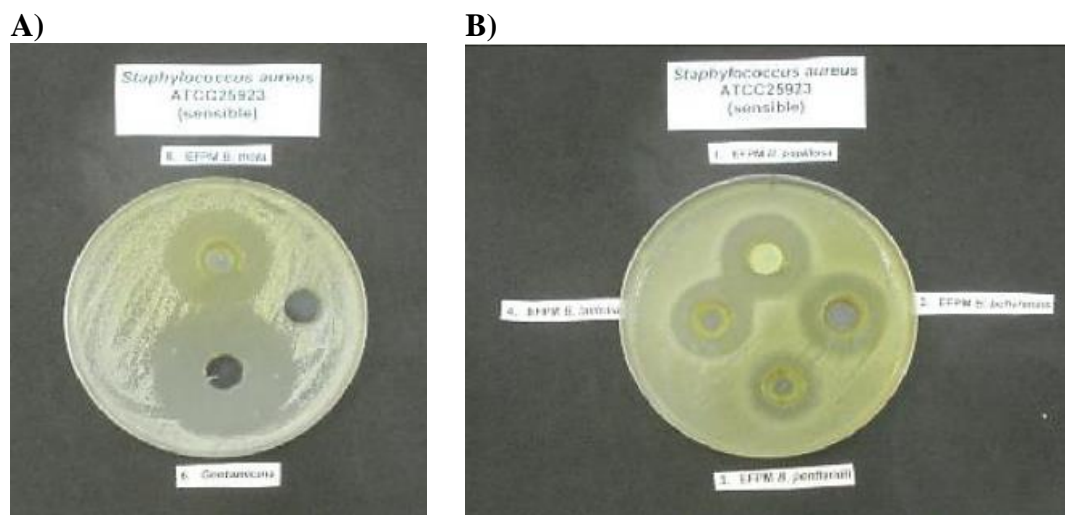


Figura 24 Evaluación antibacteriana contra *S. aureus* (sensible) de extractos: **A)** *B. tola* (arriba), Gentamicina control positivo (abajo), control negativo (derecha) **B)** *B. papillosa* (arriba), *B. latifolia* (izquierda), *B. boliviensis* (izquierda), *B. pentlandii* (abajo) (Calle et al., 2017).

Algo semejante sucedió en Colombia al evaluar extractos acetónicos y etanólicos contra varios microorganismos midiendo el porcentaje relativo de inhibición (PRI). La mayor actividad del extracto etanólico fue sobre *Bacillus subtilis* (31,6%), mientras que de los extractos acetónicos la mayor actividad fue sobre *S. aureus* (30,9%), continuando con *Lactobacillus acidophilus* (20,5%) y finalmente *Lactobacillus casei* (19,4%) (Sequeda-Castañeda & Luengas-Caicedo, 2016)

En Venezuela un extracto obtenido por hidrodestilación de las hojas de *B. latifolia* fueron probadas como antimicrobiano contra cepas de *S. aureus* y *Enterococcus faecalis* con resultados positivos alcanzando zonas de inhibición de 8 y 9 mm y una concentración mínima inhibitoria (MIC) de 10 a 160 µg/ml y 10 a 340 µg/ml respectivamente. Estos resultados fueron similares a los encontrados en una especie

similar la *Baccharis prunifolia* la cual inhibió el crecimiento de *E. faecalis* (90%) (Rojas et al., 2007).

Tabla 4 Actividad Antibacterial de aceites esenciales de *B. latifolia* y *B. prunifolia*

Aceites esenciales	Microorganismos				
	<i>S. aureus</i> ATCC(25923)	<i>E. faecalis</i> ATCC (29212)	<i>E. coli</i> ATCC (25992)	<i>K. pneumoniae</i> ATCC (23357)	<i>P. aeruginosa</i> ATCC (27853)
<i>B. latifolia</i>	8*	9*	NA	NA	NA
MIC (µg/ml)	80	90	NT	NT	NT
<i>B. prunifolia</i>	NA	9*	NA	NA	NA
MIC (µg/ml)	NT	260	NT	NT	NT
Antibióticos:					
Sulbactam-Ampicilina	29*	NT	NT	NT	NT
Vancomycin	NT	19*	NT	NT	NT
Estreptomicina	NT	NT	15*	NT	NT
Aztreonam	NT	NT	NT	27*	NT
Cefoperazona	NT	NT	NT	NT	25*

*: zona de inhibición (mm) **Fuente:** (Rojas et al., 2007)

La presencia de los grupos hidroxilos (-OH) son los responsables de ofrecer el potencial antioxidante y esto se observa en los compuestos fenólicos, más aún en los flavonoides que en sus 7 radicales puede agregar estos grupos.

3.3.4. Actividad Antifúngica

La actividad antifúngica presente en las plantas se le atribuye gracias a ciertas sustancias presentes en los aceites esenciales, destacan los terpenos y los compuestos fenólicos especialmente el carvacrol, el timol y sus derivados que actúan alterando el ensamblaje del ATP en la pared y membrana celular que terminará en una lisis y desintegración del citoplasma junto con los demás organelos. Según Tariq et al. (2019), *B. latifolia* es una de los ejemplares de la familia Asteraceae con propiedades antifúngicas debido a que contiene ácido hexadecanoico y carvacol en su aceite esencial con alta capacidad de alterar la estabilidad de la bicapa de fosfolípidos en la

membrana plasmática especialmente en varias cepas de levaduras como *Trigonopsis*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula* y *Candida*.

Otra investigación presenta resultados favorables ya que aceite esencial puede inhibir el desarrollo de los hongos *Trichophytum rubrum* con un MIC de 31,25 µg/ml y para *Trichophytum mentagrophytes* un MIC de 62,5 µg/ml (Sequeda-Castañeda et al., 2015). Categorizándolo con una actividad moderada comparado al ensayo realizado por Zapata et al. (2010) donde el aceite esencial dio un MIC de 157,4 µg/ml para inhibir cepas de *Aspergillus fumigatus*.

3.3.5. Actividad anticancerígena

Un estudio desarrollado por Cates et al. (2013), da a conocer la capacidad del extracto de *B. latifolia* (200 µg/ml) para medir la inhibición sobre diferentes líneas células cancerígenas. Para el ensayo se utilizó como solvente de extracción la acetona y el metanol. Como resultado se obtuvo una inhibición moderada sobre células cancerosas de piel CRL-1619 (82±3 %, extracto acetónico) y de lengua CRL-2095 (89±2 % en acetona y 87±6% en metanol), así también se identificó la concentración inhibitoria media máxima (IC₅₀) de los extractos acetónicos obteniendo 119 ± 60 µg/ml y 75 ± 4 µg/ml respectivamente.

En la investigación realizada por Carraz et al. (2015), mediante un ensayo *in vitro* determinó que el uso del extracto etanólico de hojas y flores maceradas por 48 h en células de carcinoma hepatocelular humano Hep3B producen una alta actividad antiproliferativa con IC₅₀ de 10,8 µg/ml en la línea celular Hep3B, 33,3 µg/ml para células HepG2, 24,33 µg/ml en PLC PFR 5 y 20,1 µg/ml en SNU-182, al mismo tiempo se midió la citotoxicidad del extracto a través de la observación de modificaciones fenotípicas (método de inmunofluorescencia) obteniendo que el extracto de *Baccharis latifolia* no induce cambios relevantes en las células estudiadas.

3.3.6. Remediación de suelos

La biorremediación es una alternativa que está ganando espacio en los últimos años como alternativa para la recuperación de suelos, ríos y mares, la misma que recurre al uso de diferentes procesos biotecnológicos en los que participan hongos,

microorganismos, enzimas y plantas (Garzón et al., 2017). *B. latifolia* fue partícipe en un ensayo de remediación de suelos contaminados con metales pesados (Cd, Pb, As, Cr y Co) el cual consistía en analizar la presencia de los metales en los diferentes órganos de la planta (raíz, tallo y hojas) encontrándose que el arsénico (mayor contaminante) se encontraba en concentraciones extremadamente altas en las raíces (389,36 ppm) y tallos (380,47 ppm) seguido por el cromo con 172,21 ppm y 131,39 ppm respectivamente y finalmente el cadmio con 101,39 ppm y 99,74 ppm. La figura 25 indica los radios de transferencia de los metales a los órganos de la planta donde el arsénico tiene el valor más alto de $1,07 \pm 0,031$. Las hojas presentaron bajas concentraciones de almacenamiento de metales. *B. latifolia* se constituye como una planta recuperadora de suelo gracias a su capacidad de absorber diferentes metales e incorporarlos a su estructura en las partes aéreas a través de estrategias como reducción de biomasa, restricción en el transporte interno o volviéndose plantas “hiperacumuladoras” que posteriormente podrán incorporar los metales en cadenas tróficas (Franco et al., 2018).

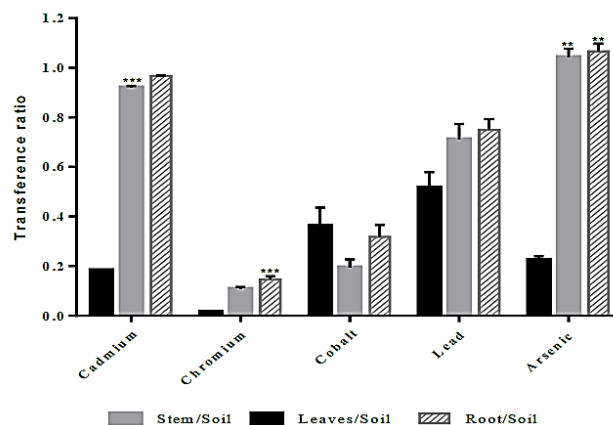


Figura 25 Radio de transferencia de metales pesados a los órganos de *B. latifolia*, Colombia (Franco et al., 2018)

3.4.Toxicidad

Baccharis latifolia junto con otras especies *Callisia repens* y *Ludwigia peruviana* fueron sometidas al test de Ames como ensayo para medir el potencial mutagénico y antimutagénico en cepas de *Salmonella typhimurium*. Para el extracto se usó las hojas

secas de *B. latifolia* en maceración con metanol como solvente. Las cepas bacterianas estuvieron modificadas genéticamente en los genes que codifican la síntesis de histidina por lo que se necesita que este aminoácido sea suministrado externamente. *B. latifolia* provoca un aumento de células revertantes espontáneas a partir de una concentración de 100 ug/placa hasta 5000 ug/placa sugiriendo que el uso excesivo de extractos o fracciones de *B. latifolia* puede ser perjudicial para la salud de quien lo consume (Muñoz Chamba, 2019). Por lo tanto en dosis orales extremadamente altas (>2000 mg/kg) *B. latifolia* se vuelve tóxica produciendo depresión leve y heces blandas sin cambios significativos en el peso corporal (Sequeda-Castañeda et al., 2015). Esto no implica que no se deba utilizar la planta ya que depende mucho del solvente que se utilice, tiempo y temperatura necesaria para la extracción, forma de uso y más aún de la mezcla compleja de todas las sustancias extraídas que se obtenga.

Tabla 5 Aplicaciones biológicas de *Baccharis latifolia*

Aplicación biológica	Resultado	Tipo de ensayo	Concentración	Referencia
Antiinflamatoria	+	<i>in vivo</i> (edema de pata)	Dosis diaria 500 mg/kg peso corporal	(Gutierrez et al., 2016)
	+	<i>in vivo</i> (edema auricular)	Dosis 500 µg/oreja	(González et al., 2007)
	+	<i>in vitro</i> (DPPH)	IC ₅₀ = 107,7 ± 0,5 µg/ml	(Gonzales et al., 2021)
Antioxidante	+	<i>in vivo</i> <i>S. cerevisiae sod 1</i>	100 µl	(Gonzales et al., 2021)
	+	<i>in vitro</i> H ₂ O ₂	60 mg/ml	(Bayas Morejón et al., 2020)
Antibacterial	+	<i>in vivo</i> <i>Listeria spp.</i>	20 µg/ml	(Bayas Morejón et al., 2020)
	+	<i>Salmonella spp.</i>		
	±	<i>Escherichia coli</i> ,		

	+	<i>in vivo</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	50 µg/ml	(Calle et al., 2017)
	+	<i>in vivo</i> <i>S. aureus</i>	MIC 10 a 160 µg/ml	(Rojas et al., 2007)
	+	<i>Enterococcus faecalis</i>		
		<i>in vitro</i> Línea celular piel	IC ₅₀ = 119 ± 60 µg/ml	(Cates et al., 2013))
	+	Línea celular lengua	IC ₅₀ = 75 ± 4 µg/ml	
	+			
Anticancerígena		<i>in vitro</i> Células de carcinoma hepático		(Carraz et al., 2015)
	+	Hep3B	IC ₅₀ = 10,8 µg/ml	
		Hep G2	IC ₅₀ = 33,33 µg/ml	
		PLC PFR 5	IC ₅₀ = 24,33 µg/ml	
		SNU-182	IC ₅₀ = 20,1 µg/ml	

“+”, Actividad biológica favorable, “±”, Actividad baja.

3.5. Discusión

En base al análisis bibliográfico sobre la composición fitoquímica de *Baccharis latifolia* se determinó la presencia de terpenos en las partes aéreas especialmente en las hojas que son las partes más estudiadas en los ensayos citados. El limoneno es el monoterpeno que predomina en las hojas de *B. latifolia* con una concentración de $33,72 \pm 2,41$ mg/g dw, siendo el que le confiere la mayor cantidad de propiedades biológicas desde antiinflamatorias hasta anticancerígenas, el sabineno y el β - felandreno son también de los mayores componentes de las hojas y su concentración se aproxima a ser el 50% del limoneno (10,28 mg /g dw y 10,32 mg/g dw respectivamente).

En los sesquiterpenos destacó el germacreno D con concentraciones de 20,5 mg/g dw al que se le atribuye la capacidad de alterar membranas celulares de los microorganismos volviéndolo un compuesto antibacterial y antiviral (Tariq et al., 2019). Los flavonoides son compuestos fenólicos con alto potencial antioxidante y su

presencia está concentrada en las hojas y flores, la mezcla de todos estos corresponde aproximadamente el 10% del contenido total de metabolitos en hojas ($8,03 \pm 0,31$ mg eq Lu/g de hojas).

En cuanto a las aplicaciones biológicas se destaca la antimicrobiana con evaluaciones satisfactorias en cepas de *Listeria spp.*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli.*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* y *Enterococcus faecalis* en las cuales, los porcentajes de inhibición se encuentran desde el 20% al 90% en concentraciones que inician desde 10 $\mu\text{g/ml}$ hasta 160 $\mu\text{g/ml}$.

El potencial antioxidantes es de las aplicaciones más analizadas por la concentración y diversidad de flavonoides que presenta *B. latifolia* entre los cuales la quercetina y el kaempferol son los metabolitos más utilizados en distintas industrias cosméticas, alimentaria y farmacéutica (González Minero & Bravo Díaz, 2017). Los ensayos *in vitro* con peróxido de hidrógeno y 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) son los más utilizados y la *B. latifolia* ha registrado valores de 50% de actividad antioxidante (tabla 5).

La actividad antiinflamatoria de *B. latifolia* fue medida en estudios *in vivo* de edema auricular y plantar en ratas en los cuales con dosis de 300 mg/kg y 500 mg/kg respectivamente se obtuvo una reducción de más del 70%.

Baccharis latifolia cuenta también con actividad anticancerígena que ha sido probada en ensayos *in vitro* con el uso de extractos de etanol y acetona en líneas celulares de hepatocarcinomas (IC_{50} 10,8 $\mu\text{g/ml}$), células cancerosas de piel (IC_{50} 119 ± 60 $\mu\text{g/ml}$) y células cancerosas de lengua (IC_{50} 75 ± 4 $\mu\text{g/ml}$).

Todas estas aplicaciones farmacéuticas comprobadas con ensayos confirman los usos etnobotánicos que aplican las comunidades del Ecuador en la medicina tradicional.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

El presente trabajo de investigación permitió la obtención de información de numerosas bases de datos científicos que incluían publicaciones y libros electrónicos con contenido sobre *Baccharis latifolia* desde su origen, descripción botánica, cribado fitoquímico, usos etnobotánicos y actividades biológicas.

La medicina tradicional se basa en el uso de plantas medicinales y en el Ecuador es una de las prácticas ancestrales que se mantiene vigente en la población sobre todo en las comunidades rurales. A través de una búsqueda exhaustiva se encontraron reportes de diversos usos de *B. latifolia*, principalmente en el área de la salud para tratar dolores musculares, articularios, curar heridas, dolor de cabeza, muelas, problemas digestivos, reproductivos (mujeres) y limpias para quitar el espanto o mal aire. En el área de alimentación se identificó que es muy utilizada por los campesinos como alimento para el ganado bovino, ovino, equino, cuyes y conejos. Otros usos fueron en la construcción de utensilios como cestas y combustible al reemplazar la leña de plantas maderables.

El tamizaje fitoquímico reveló la presencia de compuestos fenólicos con concentraciones elevadas de flavonoides (10 metabolitos). Así también en el grupo de terpenos destacaron los monoterpenoides especialmente el limoneno como sustancia principal junto con otros 7 componentes, sesqui, di y triterpenos con un total de 10 compuestos taninos, alcaloides y ácidos grasos con un ejemplar en cada grupo funcional. La mezcla compleja de extractos, fracciones y aceites esenciales de los diferentes órganos del arbusto así como la variedad de solventes utilizados le confieren propiedades antiinflamatorias, antimicóticas, anticancerígenas. Se evidenció que las partes con mayor utilidad son las hojas y flores pues cuentan con concentraciones superiores de principios activos comparados con los tallos y raíces. Al potenciar todas

las actividades biológicas que ofrece *B. latifolia* se puede establecerlos en productos con grandes beneficios por ejemplo para el tratamiento de enfermedades como la artritis, prevención de cáncer, desinfectantes, productos antiinflamatorios y muchos más.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., Jaramillo, N., & Quizhpe, W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador*. EDILOJA Cía. Ltd.
- Aráoz, S., Joseau, M. J., Meehan, A., & Hernández, R. (2016). Calidad física y fisiológica de semillas de *Baccharis crispa* Sprengel y *Baccharis salicifolia* Ruiz & Pav. para su domesticación. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 24(1–2), 59–69.
- Ashraf, K., Haque, M. R., Amir, M., Ahmad, N., Ahmad, W., Sultan, S., Shah, S. A. A., Alafeefy, A. M., Mujeeb, M., & Shafie, M. F. Bin. (2021). An Overview of Phytochemical and Biological Activities: *Ficus deltoidea* Jack and Other *Ficus* spp. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 13(1), 11. https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_232_19
- Barriga, P., Toasa, G., Montúfar, R., & Tye, A. (2017). Asteraceae. In S. León-Yáñez, R. Valencia, N. Pitmam, L. Endara, C. Ulloa-Ulloa, & H. Navarrete (Eds.), *Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/ListaEspeciesPorFamilia/500047>
- Bayas Morejón, I. F., Tigre, A., Rivelino, R., & Yáñez, D. (2020). Antimicrobial and antioxidant effect of natural extracts from leaves, root, stem and flowers of *Baccharis latifolia* from Ecuador. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 12(2). <https://doi.org/10.22159/ijcpr.2020v12i2.37495>
- Bobek, V. B., Heiden, G., de Oliveira, C. F., de Almeida, V. P., de Paula, J. P., Faragod, P. V., Nakashima, T., & Budel, J. M. (2016). Comparative analytical micrographs of “vassouras” (*Baccharis*, asteraceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(6), 665–672. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.05.001>
- Boncan, D. A. T., Tsang, S. S. K., Li, C., Lee, I. H. T., Lam, H.-M., Chan, T.-F., & Hui, J. H. L. (2020). Terpenes and Terpenoids in Plants: Interactions with Environment and Insects. *International Journal of Molecular Sciences 2020*, Vol. 21, Page 7382, 21(19), 7382. <https://doi.org/10.3390/IJMS21197382>
- Broholm, S. K., Teeri, T. H., & Elomaa, P. (2014). Molecular Control of Inflorescence Development in Asteraceae. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 72, pp.

- 297–333). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417162-6.00010-9>
- Burrows, G., & Tyrl, R. (2013). Asteraceae Martinov. In *Toxic plants of North America* (2nd ed., pp. 150–256). Wiley-Blackwell.
- Calderín Campell, J., & Calderín Campell, E. (2018). *De materia verde: Fitoterapia y apiterapia*. Editorial Científico-Técnica.
- Calle, A., San Martín, Á., Melgarejo, M., Flores, Y., & Almanza, G. (2017). Evaluation of flavonoid contents and antibacterial activity of five bolivian Baccharis species. *Bolivian Journal of Chemistry*, 34(4), 112–122. http://www.scielo.org/bo/pdf/rbq/v34n4/v34n4_a02.pdf
- Caranqui, J., Lozano, P., & Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(1), 33–45. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n1.86>
- Carraz, M., Lavergne, C., Jullian, V., Wright, M., Gairin, J. E., Gonzales De La Cruz, M., & Bourdy, G. (2015). Antiproliferative activity and phenotypic modification induced by selected Peruvian medicinal plants on human hepatocellular carcinoma Hep3B cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 166, 185–199. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.02.028>
- Castañeda Sifuentes, R., & Albán Castillo, J. (2016). Importancia Cultural De La Flora Silvestre Del Distrito De Pamparomás, Ancash, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 151. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.755>
- Castillo, G., Zavala, D., & Carrillo, M. (2017). Análisis Fitoquímico: Una Herramienta Para Develar El Potencial Biológico. *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*, 8(24), 59. <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.htm%0Ahttp://bmccomplementaltermed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12906-017-1564-z>
- Catálogo de la vida - Lista de verificación anual de 2010 :: Detalles de la especie.* (2010). Catálogo de La Vida. <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2010/details/species/id/7098551>
- Cates, R. G., Prestwich, B., Innes, A., Rowe, M., Stanley, M., Thompson, A., Mcdonald, S., Cates, S., Shrestha, G., Soria, A. F., Espinoza, L. V, Ardón, C., Galvez, B., Díaz, M. R., Coronado, F. S., García, J. R., Arbizú, D. A., & Martinez,

- J. V. (2013). Evaluation of the activity of Guatemalan medicinal plants against cancer cell lines and microbes. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(35), 2616–2627. <https://doi.org/10.5897/JMPR2013.4478>
- Chaves-Ulate, E. C., & Esquivel-Rodríguez, P. (2019). Ácidos clorogénicos presentes en el café: capacidad antimicrobiana y antioxidante. *Agron. Mesoam*, 30(1), 299–311. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32974>
- Che, C. T., George, V., Ijnu, T. P., Pushpangadan, P., & Andrae-Marobela, K. (2017). Traditional Medicine. In *Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategy* (pp. 15–30). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802104-0.00002-0>
- Chudzik, M., Korzonek-Szlacheta, I., & Król, W. (2015). Triterpenes as Potentially Cytotoxic Compounds. *Molecules*, 20(1), 1610–1625. <https://doi.org/10.3390/molecules20011610>
- Collanes, I., Goncalves, E., Marqués, M., & Yoshida, M. (2011). *THE INCIDENCE OF FATTY ACIDS IN SPECIES OF ARACEAE*. 77(4), 275–284.
- Coronado H, M., Vega y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., & Radilla V, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206–212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Cox-Georgian, D., Ramadoss, N., Dona, C., & Basu, C. (2019). Therapeutic and Medicinal Uses of Terpenes. *Medicinal Plants: From Farm to Pharmacy*, 333–359. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31269-5_15
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J., & Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador (con extracto de datos). In *Herbario QCA & Herbario AAU*. https://www.researchgate.net/publication/310828407_Enciclopedia_de_las_Plantas_Utiles_del_Ecuador
- Duarte, J., & Pérez-Vizcaíno, F. (2015). Protección cardiovascular con flavonoides. Enigma farmacocinético. *Ars Pharmaceutica*, 56(4), 193–200. <https://doi.org/10.4321/s2340-98942015000400002>
- Echavarría, A. P., Matute, N., Cano, J. A., & D'armas, H. (2020). Phytochemical analyses of eight plants from two provinces of Ecuador by GC-MS. ~ 10 ~

International Journal of Herbal Medicine, 8(1), 10–20.
<http://www.florajournal.com>

- Enríquez, S., Quispe, R., Amurrio, P., Peñaranda, J., Calle, A., Orsag, V., & Almanza, G. (2018). Flavonoid contents in leaves of *Baccharis latifolia*, according to the type of leaf, and its dependence on the physicochemical properties of soils. *Revista Boliviana de Química*, 35(5), 146–154.
- Franco, H., Crispín, C., Forero, S., Pombo, L., & Rodríguez, O. (2018). Phytoremediating Activity of *Baccharis Latifolia* in Soils Contaminated with Heavy Metals. *International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research*, 9(4), 38–43.
- Garzón, J. M., Miranda, J. P. R., & Gómez, C. H. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y Salud*, 19(2), 309–318.
<https://doi.org/10.22267/RUS.171902.93>
- Gonzales, M., Villena, G. K., & Kitazono, A. A. (2021). Evaluation of the antioxidant activities of aqueous extracts from seven wild plants from the Andes using an in vivo yeast assay. *Results in Chemistry*, 3, 100098.
<https://doi.org/10.1016/j.rechem.2021.100098>
- González, P., Cano, A., & Müller, J. (2019). An unusual new record of *Baccharis* (Asteraceae) from the Peruvian Andes and its relation with the northern limit of the dry puna. *Acta Botanica Mexicana*, 126(126), 1–11.
<https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1393>
- González, M. C., Ospina, L. F., Calle, J., & Rincón, J. (2007). Evaluación de extractos y fracciones de plantas colombianas en modelos de inflamación aguda, subcrónica y crónica. *Rev. Colomb. Ciencias Quim. Farm*, 36(2), 166–174.
- González Minero, F. J., & Bravo Díaz, L. (2017). Estudio botánico y farmacéutico de productos con aplicación en cosmética y cuidado de la piel. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 58(4), 175–191. <https://doi.org/10.4321/S2340-98942017000400005>
- Gutierrez, M. del P., Salgado, F., Mamani Mayta, D. D., Rodriguez Yujra, J. A., Grados Torrez, R. E., Almanza Vega, G. R., TRino, R. D., Zambrana Santander, S., Arias Miranda, J. L., & González Dávalos, E. (2016). Evaluación de la actividad de *Baccharis latifolia* en modelos de artritis experimental. *Revista CON-*

CIENCIA, 4, 21–33.

- Heiden, G., Antonelli, A., & Pirani, J. R. (2019). A novel phylogenetic infrageneric classification of *Baccharis* (Asteraceae: Astereae), a highly diversified American genus. *Taxon*, 68(5), 1048–1081. <https://doi.org/10.1002/TAX.12128>
- Herbarium Greuter, S. (2018). *Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (Código de Shenzhen)*.
- Hernández-Alvarado, J., Zaragoza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez, A., Rivero-Perez, N., Hernández-Alvarado, J., Zaragoza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez, A., & Rivero-Perez, N. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico Veterinario*, 8(1), 14–27. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.1>
- Herrera-Fuentes, I. A., Quimis-Ponce, K. L., Sorroza-Rojas, N. A., García-Larreta, F. S., Mariscal-Santi, W., & Mariscal-García, R. E. (2017). Determinación de Taninos y Cumarinas presente en la planta tres filos. *Polo Del Conocimiento*, 2(7), 500–522. <https://doi.org/10.23857/pc.v2i7.257>
- Honigsmann de Beraza, E. (2018). *Fundamentos de Inmunología básica y su correlación clínica* (1ra ed.).
- Islam, T., Oliveira Ferreira da Mata, A. M., Sousa de Aguiar, R. P., Correia Jardim, M. F., Oliviera Barros, M. V., Pinheiro Ferreira, P. M., & Carvalho, A. (2016). Therapeutic Potential of Essential Oils Focusing on Diterpenes. *Phytotherapy Research, February*, 1420–1444. <https://doi.org/10.1002/ptr.5652>
- Jaramillo Jaramillo, C., Jaramillo-Espinoza, A., D'Armas, H., Troccoli, L., & Rojas de Astudillo, L. (2016). Concentraciones de alcaloides, glucósidos cianogénicos, polifenoles y saponinas en plantas medicinales seleccionadas en Ecuador y su relación con la toxicidad aguda contra *Artemia salina*. *Revista de Biología Tropical*, 64(3), 1171–1184. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i3.19537>
- Kessler, A., & Kalske, A. (2018). Plant secondary metabolite diversity and species interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49, 115–138. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ECOLSYS-110617-062406>

- Loja Herrera, B., Alvarado Yarasca, Á., Salazar Granara, A., Ramos Yica, E., & Jurado, B. (2017). Phytochemical screening of *baccharis latifolia* (R&p.) pers. (Chilca). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(1). <http://scielo.sld.cu>
- Mandel, J. R., Dikow, R. B., Siniscalchi, C. M., Thapa, R., Watson, L. E., & Funk, V. A. (2019). A fully resolved backbone phylogeny reveals numerous dispersals and explosive diversifications throughout the history of Asteraceae. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(28), 14083–14088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1903871116>
- Martinez, M. J. A., Bessa, A. L., & Benito, P. B. (2005). Biologically Active Substances from the Genus *Baccharis* L. (Compositae). In B. T.-S. in N. P. C. Atta-ur-Rahman (Ed.), *Bioactive Natural Products (Part K)* (Vol. 30, pp. 703–759). Elsevier. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1572-5995\(05\)80045-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1572-5995(05)80045-6)
- Mesa-Vanegas, A. M., Marin, A., Calle-Osorno, J., Mesa-Vanegas, A. M., Marin, A., & Calle-Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, 41(111), 32–44. <https://doi.org/10.17533/UDEA.ACBI.V41N111A02>
- Miettinen, K., Iñigo, S., Kreft, L., Pollier, J., Bo, C. De, Botzki, A., Coppens, F., Bak, S., & Goossens, A. (2018). The TriForC database: a comprehensive up-to-date resource of plant triterpene biosynthesis. *Nucleic Acids Research*, 46(D1), 586–594. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx925>
- Ministerio de la Protección Social de Colombia. (2008). *Vademécum Colombiano de Plantas Medicinales* (Vol. 1). <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/10/816739/682737-vademecum-colombiano-de-plantas-medicinales.PDF>
- Ministerio de Turismo. (2018, January 18). *WWF Ecuador resalta la riqueza natural del país de los “cuatro mundos” – Ministerio de Turismo*. <https://www.turismo.gob.ec/wwf-ecuador-resalta-la-riqueza-natural-del-pais-de-los-cuatro-mundos/>
- Minteguiaga, M. (2019). *Fitoquímica de Baccharis spp. L. (Asteraceae): Metabolitos Secundarios, Semi-Síntesis y Bioactividad Tesis presentada como requisito para aspirar al título de Doctor en Química. 1.*
- Moncada-Rangel, J. A., & Morales Muñoz, A. C. (2017). Plantas útiles del bosque de

- Chilmá Bajo, provincia del Carchi, Ecuador. Propuestas para su conservación. *Etnobiología*, 15(3), 41–53.
- Muñoz Chamba, W. (2019). Evaluación mutagénica y antimutagénica de extractos totales de plantas medicinales mediante el ensayo de retromutación en *Salmonella typhimurium*. *Revista Del Centro de Estudio y Desarrollo de La Amazonía*, 09(01), 35–41.
- Olivas-Aguirre, F. J., Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G. A., López-Díaz, J. A., Álvarez-Parrilla, E., De La Rosa, L. A., & Ramos-Jimenez, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutricion Hospitalaria*, 31(1), 55–66. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>
- Paniagua-Zambrana, N. Y., Bussmann, R. W., Romero, C., & Echeverría, J. (2020). *Baccharis latifolia* (Ruiz. & Pav.) Pers. Asteraceae. 1–6. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77093-2_305-1
- Pedraza-Alva, G., Ramírez-Serrano, C., Pedraza, F., Flores-Vallejo, R., Villareal, M., & Pérez-Martínez, L. (2019). From traditional remedies to cutting-edge medicine: Using ancient mesoamerican knowledge to address complex disorders relevant to psychoneuroimmunology. *Brain, Behavior, and Immunity*, 79, 3–5. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2019.04.022>
- Pellegrini, M. C., Alonso-Salces, R. M., Umpierrez, M. L., Rossini, C., & Fuselli, S. R. (2017). Chemical composition, antimicrobial activity and mode of action of essential oils against *Paenibacillus larvae*, etiological agent of American Foulbrood on *Apis mellifera*. *Chemistry and Biodiversity*, 14(4), e1600382. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600382>
- Peñaherrera, E., Jerves-Andrade, L., Cuzco, N., Wilches, I., León-Tamariz, F., & Tobar, V. (2016). Efecto antiinflamatorio de extractos metanólicos de plantas de Azuay y Loja (Ecuador) a través del modelo de Peces Cebra. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 14, 1–12. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1605>
- Pérez Hernández, Y., Robledo Ortega, L., María Martínez Mora, M., Julia Rondón Castillo, A., & Amaro Sánchez, D. (2021). *CONFLICTOS DE INTERESES Los autores declaran no existir conflictos de intereses. CORRESPONDENCIA*. 48(3),

32–42. <http://cagricola.uclv.edu.cu>

- Pérez Romero, F., & Orellana Haro, M. C. (2020). *Nutrición clínica geriátrica* (1ra ed.). Editorial Digital del Tecnológico Monterrey.
- Prada, J., Ordúz-Díaz, L. L., & Coy-Barrera, E. (2016). Baccharis latifolia: una Asteraceae poco valorada con potencialidad química y biológica en el neotrópico. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(1), 92–105. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1858>
- Primo Yufera, E. (2020). *Química orgánica básica y aplicada* (2da ed.). Editorial Reverté S.A.
- Ramírez Rodríguez, M. I., Dranguet Aguilar, D., & Morales León, J. A. (2020). Actividad antiinflamatoria de plantas medicinales. *Revista Granmense Del Desarrollo Local REDEL*, 16, 2448. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/1450>
- Ramos Campos, F., Bressan, J., Godoy Jasinski, V. C., Zuccolotto, T., Da Silva, L. E., & Bonancio Cerqueira, L. (2016). Baccharis (Asteraceae): Chemical Constituents and Biological Activities. *Chemistry and Biodiversity*, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201400363>
- Rojas, J., Velasco, J., Rojas, L., Díaz, T., Carmona, J., & Morales, A. (2007). Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of Baccharis latifolia Pers. and B. prunifolia H. B. & K (Asteraceae). *Natural Product Communications NPC*, 2(12), 1245–1248.
- Romoleroux, K., Cárate-Tandalla, D., Erlen, R., & Navarrete, H. (2019). *Baccharis latifolia*. Plantas Vasculares de Los Bosques de Polylepis En Los Páramos de Oyacachi. [https://bioweb.bio/floraweb/polylepis/FichaEspecie/Baccharis latifolia](https://bioweb.bio/floraweb/polylepis/FichaEspecie/Baccharis%20latifolia)
- Sakha, H., Hora, R., Shrestha, S., Acharya, S., Dhakal, D., Thapaliya, S., & Prajapati, K. (2018). Antimicrobial Activity of Ethanolic Extract of Medicinal Plants against Human Pathogenic Bacteria. *Tribhuvan University Journal of Microbiology*, 5, 1–6. <https://doi.org/10.3126/TUJM.V5I0.22292>
- Sánchez-Robles, J. M., & Torres-Muros, L. (2020). Educación , etnobotánica y rescate de saberes ancestrales en Ecuador. *Revista Espacios*, 41(23), 158–170.
- Sánchez, C. (2014). *Baccharis latifolia*.

<https://catalogofloraaltamontana.eia.edu.co/species/189>

- Sepúlveda Vázquez, J., Torres Acosta, J. F., Sandoval Castro, C. A., Matínez Puc, J. F., & Chan Pérez, J. I. (2018). La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5(2), 79–95. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v5n2/v5n2_a04.pdf
- Sequeda-Castañeda, L. G., Célis. C., & Luengas-Caicedo, P. E. (2015). Phytochemical and therapeutic use of *Baccharis latifolia*(Ruiz & Pav.) pers. (Asteraceae). *Pharmacologyonline*, 2, 14–17.
- Sequeda-Castañeda, L. G., & Luengas-Caicedo, P. E. (2016). Antimicrobial activity of *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pavón) Pers. (Asteraceae) on microorganisms pathogens and cariogenics. *V Iberoamerican Congress of Natural Products*, April. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3721.3047>
- Sierra Carrillo, D. (2019). *El demonio anda suelto: El poder de la Cruz de Pericón* (1ra ed.). Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Sierra Sarmiento, M. A., Barros Algarra, R., Gómez Paternina, D. A., Mejía Terán, A., & Suárez Rivero, D. (2018). *PRODUCTOS NATURALES: METABOLITOS SECUNDARIOS Y ACEITES ESENCIALES*. Fundación Universitaria Agraria de Colombia UNIAGRARIA.
- Tariq, S., Wani, S., Rasool, W., Shafi, K., Bhat, M. A., Prabhakar, A., Shalla, A. H., & Rather, M. A. (2019). A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 134, 103580. <https://doi.org/10.1016/J.MICPATH.2019.103580>
- Tetali, S. D. (2018). Terpenes and isoprenoids: a wealth of compounds for global use. *Planta* 2018 249:1, 249(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/S00425-018-3056-X>
- Tinitana, F., Rios, M., Romero-Benavides, J. C., De La, M., Rot, C., & Pardo-De-Santayana, M. (2016). *Medicinal plants sold at traditional markets in southern Ecuador*. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0100-4>
- Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A., & Yangsabai, A. (2018). Flavonoids and Other Phenolic Compounds from Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects: An Overview. *Medicines* 2018, Vol. 5,

Page 93, 5(3), 93. <https://doi.org/10.3390/MEDICINES5030093>

- Valarezo, E., Rosillo, M., Cartuche, L., Malagón, O., Meneses, M., & Morocho, V. (2013). Chemical composition, antifungal and antibacterial activity of the essential oil from *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (Asteraceae) from Loja, Ecuador. *Journal of Essential Oil Research*, 25(3), 233–238. <https://doi.org/10.1080/10412905.2013.775679>
- Vallejo-Zamudio, E., Rojas-Velázquez, A., Torres-Bugarín, O., & Torres Bugarín, O. (2017). Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: los antioxidantes. *El Residente*, 12, 104–111. www.medigraphic.org.mx
- Villacís-Aldaz, L. A., León-Gordon, O., Santana-Mayorga, R., Mangui-Tobar, J., Carranza, G., & Pazmiño-Miranda, P. (2017). Actividad anti fúngica (in vitro) de extractos vegetales para el control de antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) . *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(1), 59–64. <https://doi.org/10.36610/J.JSAB.2017.050100059>
- Wang, T. yang, Li, Q., & Bi, K. shun. (2018). Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13(1), 12–23. <https://doi.org/10.1016/J.AJPS.2017.08.004>
- Yanchaguano Taco, J. M., & Francisco Pérez, J. I. (2019). Medicina convencional frente a medicina tradicional : preferencias de uso en una comunidad rural del Ecuador. *Conecta Libertad*, 2(1), 44–54. <http://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/82/268>
- Zapata, B., Durán, C., Stashenko, E., Betancur-Galvis, L., & Mesa-Arango, A. C. (2010). Actividad antimicótica y citotóxica de aceites esenciales de plantas de la familia. *Revista Iberoamericana de Micología*, 27(2), 101–103. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2010.01.005>
- Zhou, F., & Pichersky, E. (2020). More is better: the diversity of terpene metabolism in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 55, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.PBI.2020.01.005>