



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
LABORATORIO DE PRODUCTOS NATURALES
“DR. ANTONIO MORALES MÉNDEZ”



**ESTUDIO FITOQUÍMICO PRELIMINAR Y EVALUACIÓN DEL FACTOR DE
PROTECCIÓN SOLAR EN EL EXTRACTO METANÓLICO DE LAS HOJAS
DE *Baccharis latifolia* RECOLECTADAS EN EL ESTADO MÉRIDA.**

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al Título de
Licenciado en Bioanálisis.

Autores:

Germán Daniel Pérez Vivas

C.I: V-22.929.802

Jorge Luis Terán Rojas

C.I: V-25.045.645

Tutora:

PhD. Prof. Janne Rojas Vera

Cotutor:

Dr. Prof. Alexis Alberto Buitrago

Mérida, julio de 2024.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestras madres Daisy Vivas De Jesús y Nersy Rojas de Terán, padre Jorge Terán, hermanos Luis Gerardo Terán y Luis Daniel Terán, nuestros tíos Carolina Vivas de Di Giorgi, Giuseppe Di Giorgi, Gerardo Rojas y Teresa De Jesús y a todos los familiares por el amor incondicional, el sacrificio, la paciencia, las oraciones y todo el apoyo brindado en nuestra carrera universitaria y en la elaboración de este trabajo de grado, esperamos hacerlos sentir orgullosos.

Y muy especialmente a la memoria de nuestro profesor y padrino Dr. Antonio Villavicencio; quien nos llenó de sabiduría, guía y pasión. Este trabajo de grado es un homenaje a su legado y una muestra de nuestro profundo agradecimiento por todo lo que nos transmitió, su ausencia deja un vacío irremplazable en el corazón de quienes tuvimos la fortuna de ser sus alumnos. Descansa en paz querido profesor.

www.bdigital.ula.ve

Daniel y Jorge.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecemos a Dios, gracias por el don de la vida, por la salud que nos permite disfrutar de cada día, por la familia y amigos que nos rodean y nos brindan su amor y apoyo. Gracias por las oportunidades que nos has presentado para crecer y aprender, por los desafíos que nos han hecho más fuertes y por las victorias que nos han llenado de alegría. Gracias por tu infinita misericordia, por tu constante presencia en nuestras vidas y por tu amor incondicional que nos da la fuerza para seguir adelante y nos llena de esperanza para nuestro futuro.

A la ilustre Universidad de los Andes, por las invaluable experiencias y todo el conocimiento que nos ha brindado. A los profesores de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis quienes con dedicación y pasión nos guiaron en el camino del aprendizaje; gracias por los conocimientos académicos, por los valores y principios que nos acompañarán por el resto de nuestra vida y nuestra carrera profesional.

A nuestros familiares por el apoyo incondicional que nos han brindado; gracias por ser nuestros pilares, por creer en nosotros y por brindarnos las herramientas necesarias para alcanzar nuestras metas. Su amor, paciencia y comprensión han sido esenciales para superar los obstáculos que se han presentado a través de los años; no solo en lo académico sino en cada uno de los retos que han surgido en este trayecto. Nuestras victorias y nuestros logros son de ustedes.

A nuestra tutora, profesora PHD. Janne Rojas, muchas gracias por aceptarnos bajo su tutoría, por la paciencia, la entrega, el compromiso y el apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo; gracias por siempre creer en nosotros, ser una figura materna y por motivarnos a alcanzar nuestro máximo potencial. Para usted nuestro eterno agradecimiento y admiración.

A nuestro cotutor, el profesor Dr. Alexis Buitrago, por todo su conocimiento, apoyo, perspectiva, empatía, preocupación y experiencia, ha sido pieza fundamental en el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Expresamos nuestra gratitud a la profesora Kaylin Armas por su cariño y carisma; a la profesora Gladys Hernández por la solidaridad y confianza y al farmacéutico Carlos Contreras por su apoyo y acompañamiento. Gracias por ser parte del logro de nuestro trabajo de grado, sin ustedes no hubiese sido posible culminar la parte experimental. Nuestro agradecimiento a la profesora Marielba Morillo por ser parte de este momento tan importante.

A nuestros profesores Carmen Lozano, Rima Bahsas, Sarai Dugarte, Alexander Moreno, Evelyn Alviarez, María Carolina Moreno, Greana Aguilera, María Alejandra López, Clara Díaz, Romina Torres, Freddy Dugarte y Carmen Julia Chávez por estar siempre presentes, por el cariño y por las palabras de apoyo y aliento.

Nuestros amigos Carla Márquez, Adrián Briceño, Mariana Parra, Jesús Sánchez, Isabel Ferrer, Leonymar Errante, Francisco Pinto, Sthefany Pereira, Daniela García, Wendy Mora, Lucas Frontado, Paola Vallera, Nazareth Contreras, Josue Maldonado, Estefany Ortega, Génesis Dávila, Mayrena Camacho, Daniel Beuning, Alexander Laska, Ronald Petersen y Samuel Shea; agradecemos su amistad, todas las experiencias compartidas, el apoyo mutuo en momentos de dificultad, que los lazos de amistad y hermandad que hemos construido a lo largo de estos años permanezcan a través del tiempo, juntos enfrentamos desafíos y celebramos nuestros logros presentes y futuros.

Sin todo su apoyo y compañía esto no hubiera sido posible.

¡Gracias por todo!

Daniel y Jorge.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL POBLEMA	3
Planteamiento del Problema.....	3
Justificación e importancia de la investigación	7
<i>Objetivo General</i>	<i>8</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>8</i>
Alcances y Limitaciones de la Investigación.....	8
<i>Alcances de la investigación</i>	<i>8</i>
<i>Limitaciones de la investigación</i>	<i>9</i>
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO	10
Trabajos Previos.....	10
Antecedentes Históricos	11
Bases Teóricas.....	13
Generalidades de la planta y taxonomía	13
<i>Familia Asteraceae.....</i>	<i>13</i>
<i>Género Baccharis.....</i>	<i>13</i>
<i>Baccharis latifolia</i>	<i>14</i>
<i>Componentes químicos de Baccharis latifolia</i>	<i>15</i>
Aproximaciones Teóricas	16
<i>Aproximación teórica sobre los productos naturales, metabolitos</i> <i>primarios y metabolitos secundarios</i>	<i>16</i>

<i>Aproximación teórica sobre los extractos vegetales</i>	16
<i>Aproximación teórica sobre la formación de metabolitos primarios y secundarios en las plantas</i>	17
<i>Aproximación teórica sobre la fitoquímica</i>	17
<i>Aproximación teórica sobre el análisis fitoquímico preliminar</i>	17
<i>Aproximación teórica sobre el factor de protección solar</i>	18
<i>Aproximación teórica sobre el método de Mansur</i>	18
Definición operacional de términos.....	19
<i>Características Fitoquímicas</i>	19
<i>Extractos</i>	19
<i>Compuestos Fitoquímicos</i>	19
<i>Metabolitos Secundarios</i>	20
<i>Compuestos Fenólicos</i>	20
<i>Policétidos</i>	20
<i>Flavonoides</i>	21
<i>Terpenos</i>	21
<i>Alcaloides</i>	22
<i>Glicósidos</i>	22
<i>Saponinas</i>	23
<i>Taninos</i>	23
<i>Esteroles</i>	24
<i>Cumarinas</i>	25
<i>Mucilagos</i>	25
<i>Quinonas y Antraquinonas</i>	26
<i>Fotoprotector</i>	27
<i>Fotoprotectores tópicos</i>	27
<i>Fotoprotectores sistémicos</i>	27
<i>Factor de Protección solar</i>	27
Definición operacional de variables	28

CAPÍTULO III.....	31
MARCO METODOLÓGICO.....	31
Tipo de investigación	31
Diseño de la investigación	31
Población y muestra	32
<i>Unidad de investigación</i>	<i>32</i>
<i>Selección del tamaño de la muestra</i>	<i>32</i>
Sistema de variables	32
Instrumento de recolección de datos	33
Procedimientos.....	34
<i>Recolección del material vegetal.....</i>	<i>34</i>
<i>Selección, división y preparación del material vegetal</i>	<i>34</i>
<i>Secado, molienda y pesada del material vegetal</i>	<i>35</i>
<i>Extracción por maceración del material vegetal</i>	<i>35</i>
<i>Identificación de metabolitos secundarios y determinación del factor de protección solar en los extractos de las hojas de B. latifolia</i>	<i>37</i>
<i>Análisis fitoquímico preliminar</i>	<i>37</i>
<i>Identificación de Triterpenos y Esteroides: Ensayo de Liebermann- Burchard, reacción de Rosenthaler y prueba de Salkowski</i>	<i>38</i>
<i>Identificación de compuestos fenólicos: Ensayo con FeCl₃.....</i>	<i>38</i>
<i>Identificación de Flavonoides: Ensayo de Shinoda, reacción de Pew's, reacción de hidróxido de sodio</i>	<i>38</i>
<i>Identificación de Alcaloides: Ensayo de Dragendorff, ensayo de Hager</i>	<i>39</i>
<i>Identificación de taninos: Ensayo de gelatina al 1%, gelatina-sal, tricloruro férrico y ferricianuro de potasio al 1%</i>	<i>39</i>
<i>Identificación de cumarinas: Ensayo con hidróxido de amonio</i>	<i>40</i>
<i>Identificación de Saponinas: Prueba de altura de la espuma y prueba con bicarbonato de sodio</i>	<i>40</i>
<i>Identificación de quinonas y antraquinonas: Reacción con NH₄OH, Reacción con H₂SO₄ y Reacción de Borntraeger</i>	<i>40</i>
<i>Identificación de mucilagos: Enfriamiento a 5°C</i>	<i>41</i>

<i>Identificación de glicósidos: Reacción con hidróxido de sodio, ensayo de Keller – Killiani, reacción de Legal</i>	41
<i>Determinación del Factor de Protección Solar</i>	42
Diseño de análisis de los datos	43
CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
Resultados.....	45
<i>Rendimiento del extracto metanólico de hojas de Baccharis latifolia</i>	45
<i>Estudio fitoquímico preliminar para el extracto metanólico de hojas de Baccharis latifolia</i>	46
<i>Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de Baccharis latifolia</i>	54
Discusión	61
CAPÍTULO V	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
Conclusiones	63
Recomendaciones	64
REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS	66
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N °1. Taxonomía de <i>Baccharis latifolia</i>	15
Tabla N °2. Operacionalización de la variable: Metabolitos secundarios del extracto de las hojas de <i>B. latifolia</i>	29
Tabla N °3. Operacionalización de la variable: Factor de protección solar.....	30
Tabla N °4. Variables según la naturaleza, escala de medida e indicadores.....	33
Tabla N °5. Función del producto normalizado utilizado en el cálculo del factor de protección solar.....	43
Tabla N °6. Rendimiento del extracto metanólico de hojas de <i>Baccharis latifolia</i>	45
Tabla N °7. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de <i>Baccharis latifolia</i> (resumen).....	47
Tabla N °8. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de <i>Baccharis latifolia</i> (desglosada).....	48
Tabla N °9. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de <i>Baccharis latifolia</i> a 200 ppm.....	54
Tabla N °10. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de <i>Baccharis latifolia</i> a 120 ppm.....	55
Tabla N °11. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de <i>Baccharis latifolia</i> a 60 ppm.....	56
Tabla N °12. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de <i>Baccharis latifolia</i> a 30 ppm.....	56
Tabla N °13. Valor del FPS obtenido en cada una de las soluciones analizadas.....	57
Tabla N °14. Valor de las absorbancias obtenidas en las diferentes longitudes de onda del espectro UVB de cada una de las soluciones analizadas.....	58
Tabla N °15. Absorbancias obtenidas en el barrido espectrofotométrico de 200nm a 700nm.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Especie <i>Baccharis latifolia</i>	14
Figura N° 2: Estructura química de los flavonoides.....	21
Figura N° 3: Estructura del isopreno.....	21
Figura N° 4: Estructura química de la nicotina.....	22
Figura N° 5: Estructura química de un glicósido.....	22
Figura N° 6: Estructura química de las saponinas.....	23
Figura N° 7: Estructura del ácido gálico, componente de los taninos....	24
Figura N° 8: Estructura química del ergosterol, fitoesteroles.....	24
Figura N° 9: Estructura química de las cumarinas.....	25
Figura N° 10: Estructura química de los mucílagos.....	26
Figura N° 11: Estructura química de las quinonas y las antraquinonas.	26
Figura N° 12: Recolección de muestras vegetales frescas de la especie <i>B. latifolia</i>	34
Figura N° 13: Pesada de la muestra seca y molida de <i>B. latifolia</i>	35
Figura N° 14: Extracción sólido-líquido por maceración en frío utilizando como solvente metanol de las hojas secas de <i>B. latifolia</i>	36
Figura N° 15: Filtrado por gravedad del extracto de las hojas de <i>B. latifolia</i>	36
Figura N° 16: Concentrado del extracto utilizando un rotavapor.....	36
Figura N° 17: Extracto metanólico de las hojas de <i>B. latifolia</i>	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1. Gráfico N° 1. Correlación entre el valor del FPS vs las soluciones de 200, 120, 60 y 30 ppm.....	57
Gráfico N° 2. Picos obtenidos en las diferentes longitudes de onda del espectro UVB de cada una de las soluciones.....	59
Gráfico N° 3. Absorbancias obtenidas de cada una de las soluciones en las diferentes longitudes de onda, desde los 200 nm hasta los 700 nm.....	60

www.bdigital.ula.ve



**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
LICENCIATURA EN BIOANÁLISIS
Línea de Investigación: Fitoquímica**



**ESTUDIO FITOQUÍMICO PRELIMINAR Y EVALUACIÓN DEL FACTOR DE
PROTECCIÓN SOLAR EN EL EXTRACTO METANÓLICO DE LAS HOJAS
DE *Baccharis latifolia* RECOLECTADAS EN EL ESTADO MÉRIDA.
Trabajo de Grado**

Tesistas:

Jorge Luis Terán Rojas

C.I: V-25.045.645

Germán Daniel Pérez Vivas

C.I: V-22.929.802

Tutora:

PhD. Prof. Janne Rojas Vera

Cotutor:

Dr. Prof. Alexis Buitrago

www.bdigital.ula.ve

RESUMEN

Las actividades bajo el sol sin la protección adecuada representan una de las principales causas de enfermedades de la piel debido a la absorción de las radiaciones ultravioleta. La medicina herbaria destaca por los principios activos que se pueden obtener de las plantas y transformar a productos de interés medicinal. La especie *Baccharis latifolia* es uno de los géneros más numerosos y diversos en la Cordillera de los Andes. El objetivo de esta investigación es realizar un análisis fitoquímico preliminar del extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* y determinar el factor de protección solar (FPS) a través del método de Mansur. El tipo de investigación fue analítico. El diseño de investigación fue contemporáneo y transeccional. El tamizaje fitoquímico permitió identificar en el extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* la presencia de flavonoides, taninos, cumarinas, compuestos fenólicos y glicósidos. Por otro lado, el estudio *In Vitro* para determinar el FPS se estableció en 13, este valor es considerado de alta protección para los rayos UVB según lo establecido por la FDA y COLIPA.

Palabras Clave: *Baccharis latifolia*, extractos, análisis fitoquímico preliminar, metabolitos secundarios, factor de protección solar.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud se producen más de dos millones de casos de cáncer de piel anualmente, esto debido a que la radiación ultravioleta es absorbida por el ADN, ARN, proteínas y lípidos de membrana en las células epiteliales; es por ello que se buscan nuevas alternativas en fotoprotección obtenidos de las plantas que podrían incluirse como bioactivos en productos farmacéuticos y en combinación con los filtros solares de uso tradicional.

Las plantas han sido utilizadas desde la antigüedad debido a propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes. En la actualidad, las propiedades de las plantas están siendo estudiadas como alternativa a los productos químicos que atentan contra el ambiente y tienen efectos secundarios, sobretodo en la protección de la piel. Para la identificación de los metabolitos secundarios se utiliza el tamizaje fitoquímico o análisis fitoquímico preliminar, el cual se basa en la reacción de los extractos con reactivos orgánicos e inorgánicos específicos a través de pruebas químicas que permiten evidenciar la presencia o ausencia de varios grupos de metabolitos secundarios presentes en la muestra.

Baccharis latifolia de la familia Asteraceae es una especie propia de América; destaca por su contenido de compuestos fenólicos con concentraciones elevadas de flavonoides, terpenos y taninos. Los flavonoides tienen un papel importante en la absorción de radiación ultravioleta y son potentes antioxidantes, es por ello importante hacer un tamizaje fitoquímico preliminar que permita el análisis de los metabolitos secundarios presentes en la planta que puedan conducir a un tratamiento en la reparación del estrés oxidativo o pigmentaciones ocasionadas por la absorción de rayos solares.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el factor de protección solar en el extracto proveniente de las hojas de *Baccharis latifolia*; dicho extracto se obtuvo a través de una extracción sólido-líquido por maceración en frío utilizando como solvente metanol. El producto obtenido se filtró por gravedad y se concentró a presión reducida utilizando un rotavapor, el extracto luego se analizó cualitativamente para identificar la presencia de los metabolitos secundarios para posteriormente evaluar su factor de protección solar mediante el método espectroscópico de Mansur.

El trabajo se encuentra estructurado en cinco capítulos. En el Capítulo I se plantea el problema, se desglosa la justificación, importancia y objetivos de la investigación así como los alcances y limitaciones de la misma. Seguidamente, el Capítulo II comprende el marco teórico donde se incluyen trabajos previos, antecedentes históricos, bases y aproximaciones teóricas y se hace la definición operacional de términos y variables. El Capítulo III incluye el marco metodológico donde se define el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, el sistema de variables, los instrumentos para la recolección de datos, los procedimientos y el diseño de análisis de datos. En el Capítulo IV se muestran los resultados y se hace la discusión de los mismos. Por último, en el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

EL POBLEMA

Planteamiento del Problema

El desarrollo de actividades de la población bajo la exposición al sol sin protección adecuada representa una de las principales causas de enfermedades de la piel, ya que gran parte de la población todavía no ha tomado conciencia del daño que puede ocasionar el sol (Navarro, 2022). Actualmente la medicina herbaria ha retomado su importancia en numerosos estudios por todos los principios activos que se pueden obtener y transformar en productos de interés farmacéutico y medicinal (Hernández y cols., 2018).

Por otro lado, la radiación ultravioleta es una forma de radiación no ionizante emitida por el sol y algunas fuentes artificiales. Ofrece beneficios como la producción de vitamina D pero también puede causar riesgos para la salud. La radiación ultravioleta puede clasificarse de acuerdo a la medida de su longitud de onda. De esta manera se tienen la radiación UVA con una longitud de onda de 321 a 400 nanómetros que no es absorbida por la capa de ozono, penetra la piel más profundamente y es más constante a lo largo de todo el año. La radiación UVB con una longitud de onda de 290 a 320 nanómetros que es mayormente absorbida por la capa de ozono pero aun así puede afectar la salud y la radiación UVC con una longitud de onda de 100 a 289 nanómetros que no representa un daño para la población ya que es absorbida por la capa de ozono y la atmósfera completamente (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2021).

Por su parte, un fotoprotector se define como una sustancia de aplicación tópica con la capacidad de absorber, reflejar o dispersar fotones de la región ultravioleta para evitar así la penetración cutánea e impedir el daño actínico, que consiste en la alteración del ADN de las células provocado por la exposición al sol. Existe una gran variedad de formulaciones de origen

químico y físico que cuentan con un alto factor de protección solar, sin embargo, actualmente se ha implementado una búsqueda de compuestos naturales que fortalezcan y protejan la piel (Muñiz y cols., 2022).

Se ha demostrado que existen compuestos de origen natural que cuentan con biomoléculas con acción fotoprotectora, entre ellas destacan los flavonoides, que absorben de manera significativa la radiación en la región ultravioleta (Ramírez y cols., 2017). Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y plantas y que las protegen del daño producido por agentes oxidantes como los rayos ultravioleta, la polución ambiental o sustancias químicas presentes en los ambientes, así como también tienen gran relevancia en mecanismos de defensa (Romaní, 2019).

Baccharis latifolia es una especie vegetal exclusiva del continente americano, utilizada por los habitantes de la zona andina de América del sur por sus propiedades terapéuticas para aliviar inflamaciones externas, fracturas, dislocaciones y dolores reumáticos (Enríquez y cols., 2018). Esta especie contiene varios compuestos bioactivos, entre ellos flavonoides, que son responsables de parte de su actividad antiinflamatoria (Peñaranda y cols., 2020).

Como parte de los fundamentos teóricos se encuentran los productos del metabolismo de las plantas conocidos como metabolitos secundarios (Camacho y cols., 2020). El método universal para la identificación de grupos principales de metabolitos secundarios es la marcha fitoquímica, que se apoya en un tratamiento general de extracción y sucesivas separaciones mediante solventes de diferentes polaridades con el fin de agrupar en fracciones los metabolitos que sean estructuralmente semejantes y poder caracterizarlos por su comportamiento frente a ciertas reacciones químicas estandarizadas (Parra, 2016).

En la actualidad hay un interés creciente en la búsqueda de compuestos antioxidantes de origen natural. En la mayoría de los casos la actividad

antioxidante de las plantas se debe a la presencia de compuestos oxigenados que actúan como potentes captadores del mismo y también son capaces de inhibir las enzimas que producen los radicales libres (Morejón y cols., 2020), generando así una necesidad, donde la comunidad científica debe poner en marcha métodos y técnicas para evaluar la presencia de estos antioxidantes en las plantas que se tienen a disposición (Romaní, 2019).

Para describir la situación actual del problema de investigación, se parte del interés respecto al cuidado de la piel en los últimos años debido a las radiaciones de sol UVA y UVB que son absorbidas por la piel y causan lesiones, fotoenvejecimiento y fotocarcinogénesis, es por eso que, la comunidad científica debe dedicar sus esfuerzos y conocimientos en la búsqueda de nuevas soluciones naturales a esta problemática, como la adopción de técnicas novedosas en la extracción de componentes de alto contenido para preparar formulaciones con efecto protector solar natural equipadas con antioxidantes naturales obtenidos de las plantas como ingredientes potenciadores para reforzar los valores del factor de protección solar debido a sus efectos fotoprotectores en las células epiteliales, elasticidad de la piel, hidratación, textura de la piel y arrugas (Hailun y cols., 2023).

Es preciso mencionar que los protectores químicos y físicos son eficientes pero recientemente han aumentado los estudios respecto a sus desventajas, como la toxicidad, reacciones alérgicas, apariencia blanquecina, además de la contaminación que generan, es por ello que se ha optado por la elaboración de protectores solares a base de extractos naturales que contengan biomoléculas con actividad fotoprotectora para proteger a la piel de las radiaciones ultravioleta, en especial la radiación UVA que se ubica entre los 321-400 nm y la UVB que se encuentra entre 290-320 nm que provoca efectos como fotoenvejecimiento, fotosensibilidad y eritemas, todo

enmarcado en la búsqueda de ingredientes naturales que fortalezcan y protejan la piel; además de ser más seguros para las personas y el ambiente. En todo caso también se pueden combinar extractos biológicos con fotoprotectores tradicionales para potenciar su capacidad fotoprotectora y al mismo tiempo aprovechar los beneficios de algunos extractos naturales como su actividad antioxidante, antiinflamatoria y regenerativa, entre otras (Muñiz y cols., 2022).

En la actualidad existe un interés por la búsqueda de compuestos naturales con posible efecto fotoprotector que puedan ser añadidos a preparados cosméticos de administración tópica que actúen absorbiendo, filtrando, dispersando y reflejando la radiación solar ya que la exposición prolongada a las radiaciones del sol se considera un riesgo para la salud debido a sus efectos sobre la piel, igualmente las actividades recreativas y laborales al aire libre sin las debidas medidas de protección pueden provocar fotosensibilidad, fotodermatosis, mutaciones genéticas e inmunosupresión, que se asocian con el envejecimiento prematuro y la aparición de cáncer de piel (Buitrago y cols., 2022).

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente; resaltando el uso de los productos naturales como fuente de compuestos de gran utilidad para la salud y la búsqueda de nuevas alternativas biológicas para la formulación de tratamientos que ayuden a la salud, la presencia de especies botánicas en la localidad cuyas propiedades y características químicas deben ser analizadas así como las aproximaciones teóricas relacionadas con los productos y extractos naturales, los metabolitos primarios y secundarios, el análisis fitoquímico preliminar y el factor de protección solar se redacta el siguiente enunciado holopráxico como interrogante principal de esta investigación:

¿Cuál es el factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de la especie *Baccharis latifolia* recolectadas en el estado Mérida, que se procesarán en el Laboratorio B de productos naturales “Antonio Morales”

adscrito al Instituto de Investigaciones perteneciente a la Facultad de Farmacia y Bioanálisis durante las fases de investigación comprendidas entre noviembre de 2022 y noviembre de 2024?

Justificación e importancia de la investigación

La justificación de una investigación debe responder las razones por las cuales se realiza la misma, identificando esas razones como necesidades, curiosidades, preocupaciones, motivaciones, intereses, valores, potencialidades, oportunidades y tendencias, entre otros (Hurtado, 2012). Partiendo de esa premisa se puede entender que existe un interés en la actualidad respecto al uso de productos naturales para el tratamiento de diversas patologías entre las que se incluye la prevención del fotodaño de la piel inducido por la absorción de los rayos ultravioleta y la necesidad de indagar sobre el uso de estos compuestos naturales para crear soluciones debido a la preocupación que hay sobre el riesgo de cáncer en la piel y en las lesiones que causan los rayos del sol absorbidos por las células epiteliales por exposición directa (Calle y cols., 2023).

Es así como la potencialidad de las plantas como especies naturales a través de diversos mecanismos de su metabolismo como la capacidad antioxidante, propiedades antimutagénica, anticancerígena, antiinflamatorias y su posible capacidad de filtro solar son elementos que podrían incluirse en las nuevas estrategias y tendencias de fotoprotección como bioactivos en productos tópicos, ya sea de manera exclusiva o en combinación con los filtros solares convencionales que utilizan productos químicos y naturales (Hailun y cols., 2022).

Aunado al hecho que gran porcentaje de la población ha utilizado remedios herbales, en el caso de *Baccharis latifolia* ha sido una especie utilizada en América Latina con fines medicinales debido a su gran cantidad de principios bioactivos (Morejon y cols., 2020), por lo que se hace necesario profundizar más en el estudio de estos en relación con la capacidad que

puedan tener para absorber la radiación y su efectividad como filtros solares (Navarro, 2022).

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Analizar el factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de la especie *Baccharis latifolia* Ruiz y Pavon (Asteraceae) recolectadas en el estado Mérida.

Objetivos Específicos

- Extraer los metabolitos secundarios de las hojas de *B. latifolia* por maceración en frío utilizando metanol
- Identificar la presencia de los metabolitos secundarios en el extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* a través del tamizaje fitoquímico.
- Determinar el factor de protección solar del extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* utilizando el método de Mansur.

Alcances y Limitaciones de la Investigación

Alcances de la investigación

En la presente investigación se determinaron cualitativamente los componentes que se encuentran en el extracto metanólico preparado a partir de las hojas de la especie *B. latifolia* recolectadas en el estado Mérida, así como también se analizó el factor de protección solar del mismo extracto en el Laboratorio B de productos naturales “Antonio Morales” perteneciente a II Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes; todo esto mediante el aprovechamiento de los compuestos naturales obtenidos de las plantas de la región Andina. Resaltando la importancia que se le ha dado en la última década a la utilización del material botánico como herramienta clave dentro del desarrollo de tratamientos naturales para diversas patologías, se espera que la

investigación pueda complementar el trabajo de otros investigadores, captar el interés de los lectores y la meta principal de toda investigación de generar y compartir nuevos conocimientos dentro de la comunidad científica.

Limitaciones de la investigación

Toda investigación tiene sus limitaciones, algunos factores que pudieron demorar la consecución de ésta incluyen en primer lugar el acceso a la información actualizada, hay fuentes que exigen un pago en moneda internacional para poder tener acceso a los documentos completos. De igual manera, el alto costo del combustible y el transporte para el proceso de recolección de las plantas en una zona alejada de la ciudad. Por otro lado, se tienen las constantes fallas en el fluido eléctrico, telefonía y conexión a internet. Así mismo mencionar la crisis económica en la que se encuentra el país, condicionada por la devaluación diaria del bolívar y el uso del dólar como referencia a la hora de marcar el precio de los bienes y servicios.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Trabajos Previos

En los últimos años se han llevado a cabo investigaciones relacionadas con los metabolitos secundarios presentes en la especie *B. latifolia* y sus propiedades analgésicas, antiinflamatorias, antioxidantes, entre otras. Los trabajos recopilados que se presentan a continuación pueden dar una visión general para describir la situación actual del problema de investigación.

Loja y colaboradores en el año 2017 llevaron a cabo un cribado fitoquímico de la especie *Baccharis latifolia* haciendo énfasis en las hojas. El material botánico que recolectaron fue secado a temperatura ambiente por quince días, las hojas fueron molidas y maceradas en diferentes solventes de n-hexano, cloroformo, etanol y una solución de ácido clorhídrico por una semana, luego de la maceración el material botánico fue filtrado, concentrado, evaporado y secado para someterse posteriormente a un proceso fitoquímico por colorimetría el cual les arrojó como resultado que las hojas de *Baccharis latifolia* contienen abundantes compuestos fenólicos en los extractos etanólico, clorofórmico y acidulado y la ausencia de estos en el extracto en n-hexano.

Por otro lado, Gonzales y colaboradores en el año 2021 desarrollaron una investigación titulada “Evaluación de las actividades antioxidantes de extractos acuosos de siete plantas de Los Andes” donde evaluaron la actividad antioxidante de los extractos acuosos de siete plantas silvestres incluyendo la especie *Baccharis latifolia*. En el estudio demostraron un alto contenido de sustancias antioxidantes en los diferentes extractos de las hojas e hicieron mención a la necesidad de seguir investigando plantas silvestres nativas en Los Andes como fuentes importantes de compuestos antioxidantes y antiinflamatorios.

Finalmente, uno de los trabajos más recientes fue realizado por Noriega y colaboradores en el año 2023; los autores realizaron un estudio titulado “Actividad antiinflamatoria *In-Vivo* de una formulación tópica con principios activos de aceites esenciales de *Cannabis sativa* y *Baccharis latifolia*, el mismo demostró la actividad antiinflamatoria de la especie *B. latifolia*, teniendo gran relación con la presencia de ligulóxido, andro enecalinalol, kesano, limoneno y Z-cadin-4-en-7-ol como componentes principales, con el fin de medir la eficacia, las diversas fórmulas diseñadas a base de los aceites esenciales fueron evaluadas *in vivo*, mediante el método de inducción del edema subplantar en ratas de laboratorio, como control positivo se empleó una formulación de venta libre con diclofenac[®] al 1% como principio activo.

Antecedentes Históricos

Los productos naturales han sido una fuente exitosa para la producción de tratamientos con fines medicinales. Los primeros registros de productos naturales se remontan a Mesopotamia en el año 2600 a.C. donde se documentó el uso de aceites de *Cupressus sempervirens* y especies de *Commiphora* para tratar la tos, los resfriados y la inflamación. El Papiro de Ebers que data del año 2400 a.C. es un registro farmacéutico egipcio que documenta más de 700 medicamentos de origen vegetal empleados en gárgaras, pastillas, infusiones y hasta ungüentos para la piel y su protección de los rayos del sol. En China en el año 1100 a.C. se publicó el Wu Shi Er Bing Fang, un tratado médico que contiene 52 recetas naturales para dolencias. En Grecia en el año 100 d.C. se registró la recolección, el almacenamiento y los usos de las hierbas con fines medicinales. (Dias y cols., 2012).

En Suramérica, los registros del uso de productos naturales en tribus de México, Chile, Perú y Venezuela se remontan al año 1000 d.C. donde destacan los “chamanes” que utilizaban las plantas para curar a los enfermos, atraer lluvia, encontrar objetos perdidos o ayudar a las personas

de otra manera médica, física, emocional o incluso espiritualmente ya que entre las características de las plantas empleadas por los líderes de las comunidades aborígenes se tenían propiedades como estimulantes del sueño, ayudar a minimizar la enfermedad por altitud, aliviar dolores de estómago, dolores de cabeza, aliviar fracturas, inflamaciones e incluso propiedades alucinógenas (VanPool, 2019).

Los primeros documentos sobre la protección solar y la utilización de productos naturales se remontan 3000 años a.C. Los egipcios fueron la primera civilización en usar extractos de arroz, jazmín y lupinos para bloquear el efecto bronceador del sol, teniendo en cuenta que el arroz absorbía la luz ultravioleta, el jazmín repara el ADN y los lupinos aclaran la piel. Alrededor de 800 a.C. los griegos protegían su piel con una mezcla de aceite de oliva y arena mientras se preparaban para los juegos olímpicos, esto considerando que el aceite de oliva tiene un factor de protección solar de ocho. Más tarde, en la India en el año 500 a.C., en la literatura médica de 'Charaka Samhita' aparece por primera vez el "pushpanjan" conocido hoy día como "Óxido de Zinc", compuesto químico utilizado para los protectores solares físicos de sustancias químicas que se volvieron populares en el siglo XIX con el crecimiento de la cosmética y la salud de la piel (Sakkaravarthi, 2022).

En el año 1820 se descubrió el rol de la luz solar en las quemaduras de la piel por Sir Everard Home, donde varias sustancias biológicas y químicas fueron estudiadas en su capacidad para absorber la radiación ultravioleta; la utilización de estos compuestos absorbentes en lociones y unturas fue materializado por Friedrich Hammer en Alemania en 1894 al crear el primer protector solar debido a la creciente relación entre las radiaciones ultravioleta y el cáncer de piel. En 1922 los científicos alemanes Hausser y Vahle hicieron los primeros estudios detallados del espectro de acción para el eritema y la pigmentación para la piel humana desarrollando una pantalla

bloqueadora de los rayos UV de forma tópica el cual en el año de 1943 fue patentado para su comercialización por Eugene Shueller, fundador de la empresa L'Oreal, sin embargo, fue hasta 1978 que el término “factor de protección solar” fue acuñado por Franz Greiter como método para medir la protección contra el sol (Yangmyung, 2020).

Luego de su descubrimiento en 1807 por los botánicos Hipólito Ruiz López y José Antonio Pavón, la especie *Baccharis latifolia* hizo su aparición en el segundo tomo del libro de descripciones botánicas *Synopsis Plantarum* de Christiaan Hendrik Persoon en 1808 (Anexo 1).

Bases Teóricas

Generalidades de la planta y taxonomía

Familia Asteraceae

La familia Asteraceae comprende más de 1700 géneros y unas 30000 especies distribuidas por todo el mundo, se caracterizan por su capacidad de adaptación a los más diversos hábitats y paisajes. Esta familia incluye especies con utilidad a nivel medicinal debido a su cantidad de metabolitos secundarios, así como también presenta utilidad a nivel agrícola e industrial como fuente de aceites esenciales, producción de miel y polen, edulcorantes, especias, colorantes, insecticidas, madera y leña (Monroy y Ramos, 2015).

Género Baccharis

El género *Baccharis* es el más numeroso de la familia Asteraceae con alrededor de 500 especies distribuidas en el continente americano, con mayor presencia en la cordillera andina que se extiende desde Venezuela hasta Chile y Argentina; los ejemplares se caracterizan por ser arbustos que alcanzan los cuatro metros de altura, con tallo fuerte, hojas de diversas morfologías y flores blancas o rosadas (Anexo 2). Las propiedades medicinales en el tratamiento de heridas, fiebre, diabetes, anemias,

inflamaciones, amigdalitis, dolencias de la próstata e infecciones bacterianas y fúngicas se deben a su composición química, la cual se basa principalmente en flavonoides (Navarro y De La Cruz, 2019).

Baccharis latifolia

Baccharis latifolia (Figura 1) es una especie nativa de los Andes (Anexo 2), la cual crece en clima frío en forma de arbusto; entre sus usos se encuentra como infusiones, baños o cataplasmas ya que posee propiedades antiinflamatorias, por lo tanto, hace parte de la medicina alternativa en algunos lugares de Latinoamérica como Perú, Colombia, Ecuador, Venezuela, Bolivia y Chile (Monroy y Ramos, 2015). El nombre del género *Baccharis* proviene del griego “*Bakkaris*” y fue designado por Linneo en honor a Baco, el Dios de la agricultura y de la fertilidad, mientras que el binomio de *latifolia* se basa en la morfología del arbusto haciendo referencia a sus hojas anchas (Aguirre y cols., 2019).



Figura 1: Especie *Baccharis latifolia*

Fuente: Tropico.org (2013).

Componentes químicos de *Baccharis latifolia*

El género *Baccharis* posee una elevada cantidad de metabolitos secundarios donde sobresalen los flavonoides y los compuestos fenólicos. En la especie *B. latifolia* se ha encontrado alta concentración de flavonoides, además de taninos y cumarinas; la especie también presenta efectos farmacológicos en el tratamiento de la dermatitis y efectos antihelmínticos, antiinflamatorios, antidiabéticos y antibacterianos (Loja y cols., 2017).

Al hacer uso de la botánica sistemática, que es la ciencia de la clasificación y denominación de los vegetales y plantas, se encuentra la taxonomía, ciencia que establece la clasificación a base de las relaciones filogenéticas de las plantas y la nomenclatura que provee a cada planta de un nombre (Marzocca, 1985). En la Tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica de la especie *Baccharis latifolia*.

Tabla N° 1. Taxonomía de *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers.

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Tribu:	Astereae
Género	<i>Baccharis</i>
Especie:	<i>Baccharis latifolia</i>

(Tomado y modificado de Tropicos - Missouri Botanical Garden, 2024).

Aproximaciones Teóricas

Aproximación teórica sobre los productos naturales, metabolitos primarios y metabolitos secundarios

Un producto natural es el nombre con el que se le conoce a los compuestos químicos elaborados, a través de reacciones enzimáticas, por las plantas, que utilizan para su desarrollo, reproducción y supervivencia, estos compuestos pueden clasificarse en dos grupos: los metabolitos primarios y los metabolitos secundarios. Los metabolitos primarios participan en los procesos esenciales para la vida de las plantas como lo son la fotosíntesis, la respiración, la supervivencia, el desarrollo y la reproducción. Por otro lado, los metabolitos secundarios son compuestos químicos sintetizados de forma natural por las plantas que cumplen funciones para el desarrollo de la misma, como procesos de defensa ante depredadores, las condiciones ambientales y climáticas (Rojas, 2019).

Aproximación teórica sobre los extractos vegetales

Los extractos vegetales son compuestos volátiles con actividad biológica sintetizados en diferentes partes de los vegetales como flores, capullos, hojas, ramas, tallos, semillas, frutos, maderas, raíces, entre otros. Los extractos contienen muchos compuestos activos, como alcaloides, taninos, esteroides, glucósidos, resinas, fenoles, aceites volátiles y flavonoides. Los aceites esenciales se están convirtiendo en alternativas naturales populares a los antioxidantes sintéticos. Los extractos son de gran importancia en diversas industrias debido a la presencia de grandes cantidades de compuestos volátiles, aromáticos y bioactivos, además, estos compuestos tienen propiedades antioxidantes y antimicrobianas inherentes y juegan un papel esencial en las industrias farmacéutica, alimentaria, agrícola, cosmética y de la salud (Bolouri, 2022).

Aproximación teórica sobre la formación de metabolitos primarios y secundarios en las plantas

La formación de metabolitos ocurre a través de reacciones enzimáticas que contribuyen en los procesos de fotosíntesis, glicolisis y el ciclo de Krebs mediante la formación de intermediarios biosintéticos. La combinación de unidades químicas intermediarias de reacciones enzimáticas del metabolismo primario da lugar a la formación de los metabolitos secundarios. Hay tres rutas biosintéticas en la formación de compuestos naturales; la ruta del acetato donde se forman ácidos grasos, poliacetilenos, prostaglandinas, macrólidos, antibióticos y compuestos aromáticos como xantonas, antraquinonas; la ruta del Shikimato donde el ácido shikímico actúa como intermediario principal para la formación de compuestos como flavonoides, cumarinas, lignanos, antraquinonas, xantonas, cromenos, entre otros y por último la ruta del mevalonato donde se forman los terpenos que actúan como agentes antibacterianos, antifúngicos, antioxidantes y citotóxicos (Rojas, 2019).

Aproximación teórica sobre la fitoquímica

La fitoquímica comprende el estudio de metabolitos secundarios presentes en especies vegetales los cuales pueden ser fenoles, polifenoles, quinonas, flavonas, flavonoides, taninos, cumarinas, terpenoides, alcaloides, lectinas y polipéptidos, glucósidos y saponinas; para el estudio de la fitoquímica hay varias técnicas como el análisis fitoquímico preliminar, también conocido como tamizaje fitoquímico o screening, la cromatografía de gases, la cromatografía en capa fina, la cromatografía líquida y la técnica del infrarrojo cercano (Prashant y cols., 2011).

Aproximación teórica sobre el análisis fitoquímico preliminar

El análisis fitoquímico preliminar es una forma de realizar un análisis cualitativo de los extractos provenientes de las plantas que arroja información

acerca de su composición, consiste en la obtención de extractos de plantas con solventes como: agua, acetona, alcohol, cloroformo y éter, luego de la extracción se llevan a cabo reacciones de coloración que evalúan grupos de metabolitos secundarios y otros compuestos como ácidos grasos, azúcares reductores, polisacáridos y mucílagos. Cuando se investigan extractos de diferentes especies de plantas, el tamiz fitoquímico constituye una ventaja, ya que permite descartar todas aquellas especies que no tienen potencial para ser utilizadas para algún beneficio farmacológico, quedando solamente las que sí lo tienen, el resultado representa la presencia o ausencia del metabolito (Olvera y cols., 2017).

Aproximación teórica sobre el factor de protección solar

El factor de protección solar indica el número de veces que un fotoprotector aumenta la capacidad de defensa frente a las radiaciones del sol por medio de reflexión, dispersión o absorción, su determinación se efectúa por métodos que valoran la dosis mínima de rayos ultravioleta necesaria para generar una reacción perceptible. El factor de protección solar es por tanto una medida de la protección que ejercen determinados productos conocidos como filtros que actúan como pantalla bloqueando la llegada de la radiación solar de tipo UVB y UVA, así como también la radiación infrarroja (Vera, 2022).

Aproximación teórica sobre el método de Mansur

Para determinar el factor de protección solar (FPS) existen métodos *in vivo*, los cuales se realizan en voluntarios humanos y los métodos *In Vitro* para determinar el FPS en compuestos. Entre los métodos de laboratorio se encuentra el método de Mansur que consiste en la determinación de las características de absorción de los filtros solares con base a un análisis espectrofotométrico en soluciones diluidas fundamentado en la respuesta de los filtros solares presentes en la emulsión con la capacidad de absorber

radiación ultravioleta. El método de Mansur consiste en la separación de una emulsión mediante filtración con papel filtro, la resuspensión de la misma en un medio donde se pueda romper y solubilizar los componentes químicos y físicos para hacer una lectura de las muestras a través de espectrofotometría, medir su absorbancia y mediante la aplicación de la ecuación de Mansur obtener el FPS (Alfaro y cols., 2018).

Definición operacional de términos

Características Fitoquímicas

Técnicas empleadas para la detección cualitativa, indicada por presencia o ausencia de metabolitos secundarios de interés, mediante reacciones químicas de precipitación o de colorimetría, reproducibles y de bajo costo con diferentes reactivos para luego dar paso a la extracción y aislamiento de los compuestos presentes en los extractos con el uso de solventes adecuados (Olvera y cols., 2017).

Extractos

Los extractos son productos extraídos de sustancias biológicamente activas que poseen las plantas, utilizando solventes como el agua o alcoholes. Hay gran cantidad de compuestos fitoquímicos presentes en los extractos vegetales en altas concentraciones que pueden realizar una función en el organismo como conservantes o antioxidantes a través de la ingesta por alimentos o aplicación en la piel mediante un producto tópico (Silva, 2022).

Compuestos Fitoquímicos

Los compuestos fitoquímicos corresponden a metabolitos secundarios sintetizados por las plantas, son responsables de protegerlas frente a distintos tipos de estrés incluyendo infecciones, depredadores, radiación ultravioleta, estrés hídrico o salino, además de conferirle colores y sabores a

frutas y verduras. Los compuestos presentes en una planta pueden ser muy diversos, pero para su análisis fitoquímico se agrupan en alcaloides, saponinas, flavonoides, esteroides, fenoles, taninos y cumarinas entre otros (Gasaly y cols., 2020).

Metabolitos Secundarios

Un metabolito es cualquier molécula producida durante el metabolismo de las especies vegetales. Los metabolitos secundarios son compuestos orgánicos producidos por bacterias, hongos o plantas los cuales no están directamente relacionados con el crecimiento, desarrollo o reproducción normal del organismo pero si cumplen funciones en la defensa, supervivencia y adaptación; en las plantas se clasifican por su estructura química y se pueden dividir en cuatro clases principales: terpenos, compuestos fenólicos, policétidos y alcaloides (Sandoval, 2021).

Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos son los metabolitos secundarios más abundantes; son producto de la ruta del ácido shikímico que van desde moléculas simples como el ácido fenólico, flavonoides y taninos. Los compuestos fenólicos se caracterizan por la presencia de una estructura de anillo aromático que lleva uno o más grupos hidroxilo (Marco, 2006).

Policétidos

Los policétidos son metabolitos secundarios de bacterias, hongos, plantas y animales sintetizados de forma natural por la polimerización de subunidades acetilo y propionilo obtenidas por descarboxilación. Estructuralmente son una familia diversa de productos naturales con actividades biológicas y propiedades farmacológicas diversas, se usan como antibióticos, antifúngicos, antiolesterolémicos, antiparasíticos, promotores del crecimiento animal y como insecticidas naturales (Robinson, 1991).

Flavonoides

Los flavonoides son compuestos polifenólicos cuya estructura consta de dos anillos bencénicos unidos por una cadena lineal de tres carbonos (Figura 2). El esqueleto se representa por dos anillos aromáticos que están unidos por una unidad de tres carbonos que pueden formar un tercer anillo. Los flavonoides se encuentran en mezclas como agliconas y glicósidos, siendo las más comunes las flavonas y flavonoles, y más confinadas las isoflavonas, las chalconas y auronas (Lock, 1988).

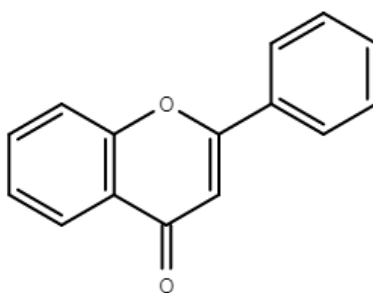


Figura 2. Estructura química de los flavonoides.
Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Terpenos

Los terpenos o isoprenoides (Figura 3) son hidrocarburos simples que se derivan de los precursores dimetilalildifosfato en el metabolismo secundario. Tienen propiedades para la supervivencia, tolerancia ambiental y evolución de la planta, lo que le pudiera atribuirle propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y cualidades aromáticas (Calderín Campell, 2018).

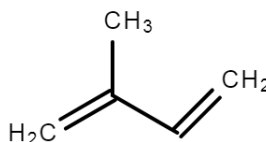


Figura 3. Estructura del isopreno.
Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Alcaloides

Los alcaloides son un grupo de biomoléculas caracterizados por poseer uno o más átomos de nitrógeno en un anillo heterocíclico, como la nicotina (Figura 4). Los alcaloides son derivados de aminoácidos y manifiestan actividad farmacológica, abundan en tejidos de gran actividad celular, hojas, raíces, semillas, pero hay variaciones de acuerdo a su concentración y naturaleza (García, 2011).

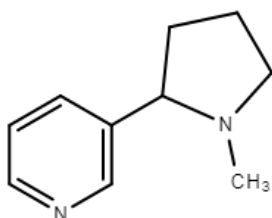


Figura 4. Estructura química de la nicotina
Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Glicósidos

Los glicósidos son moléculas compuestas por un glúcido y un compuesto no glucídico (Figura 5). Las plantas almacenan productos químicos en forma de glucósidos inactivos; si estos productos químicos son necesarios, se hidrolizan en presencia de agua y una enzima, generando azúcares importantes en el metabolismo de la planta. Muchos glucósidos de origen vegetal se utilizan como medicamentos. Existen tres grupos de glicósidos de particular interés: saponinas, glicósidos cardiacos y glicósidos cianogénicos (García y Pérez, 2009).

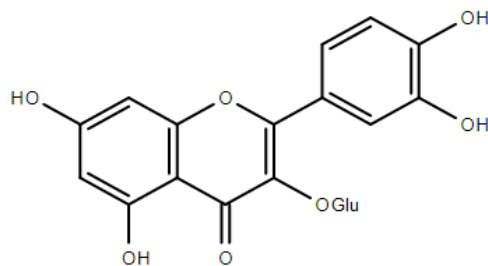


Figura 5. Estructura química de un glicósido.
Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Saponinas

Las saponinas son glicósidos unidos a otra molécula orgánica (Figura 6), generalmente un esteroide o triterpeno. Son un grupo de glucósidos solubles en agua y grasas con propiedades jabonosas que disminuyen la tensión superficial del agua formando espuma abundante, tienen propiedades de hemolizar la sangre, participan en la síntesis de esteroides y se utilizan en bebidas carbonatadas como cervezas (García, 2011).

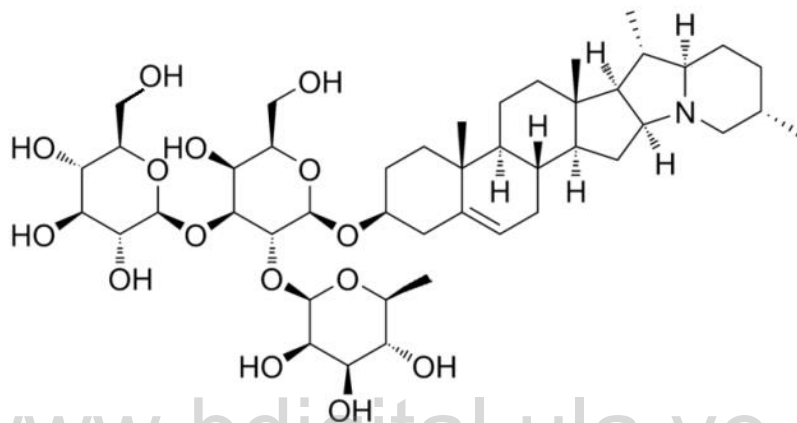


Figura 6. Estructura química de las saponinas.
Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Taninos

Los taninos pertenecen a los compuestos polifenólicos que poseen al menos un grupo hidroxilo en uno o más anillos bencénicos. Estos metabolitos pueden estar bajo la forma de ésteres de ácido gálico (Figura 7) o estar unidos a otras moléculas. Son metabolitos secundarios de las plantas, fenólicos, no nitrogenados, solubles en agua y en alcohol, con actividades biológicas antitumorales, antimutagénicas, antidiabéticas, antiproliferativas, antibacterianas y antimicóticas, tanto en humanos como en animales. (Olivas y cols., 2015).

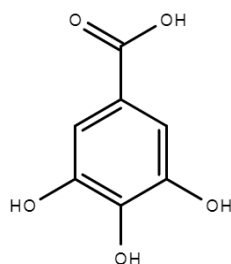


Figura 7. Estructura química del ácido gálico, componente de los taninos.
Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Esteroles

Los esteroides o fitoesteroides son compuestos cuya estructura presenta el sistema anular del ciclopentano perhidrofenantreno, metilos en los carbonos 10 y 13 y un radical lineal en el carbono 17 como en el caso del ergosterol (Figura 8). Las células de plantas sintetizan esteroides en los que predominan el sitoesterol y el estigmaesterol. El sitoesterol regula la fluidez y permeabilidad de las membranas y la adaptación de las plantas a la temperatura e inmunidad contra patógenos. Son insolubles en agua y solubles en alcoholes. Se utilizan como aditivos en alimentos, medicamentos y en la cosmética (Drago y cols., 2006).

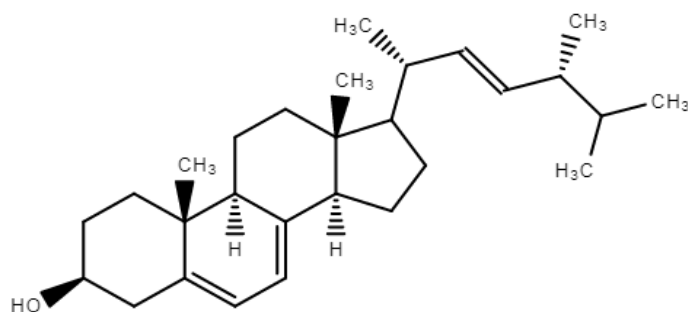


Figura 8. Estructura química del ergosterol, parte de los fitoesteroides.
Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Cumarinas

Son compuestos derivados de la benzo- α -pirona y tienen en común la estructura química de 1-benzopiran-2-ona (Figura 9). En las plantas se caracterizan porque presentan fluorescencia bajo la luz ultravioleta a 365 nanómetros, de ahí sus propiedades captadoras de radiación UV, de defensa, antibacteriana e inhibidoras de la germinación; a nivel clínico se usan como anticoagulantes, antiinflamatorios, analgésicos, entre otros (Martínez y cols., 2008)

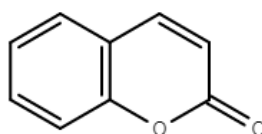


Figura 9. Estructura química de las cumarinas.

Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

www.bdigital.ula.ve

Mucilagos

Los mucilagos son sustancia de origen vegetal, suelen ser confundidos con gomas y pectinas ya que están formados por polisacáridos celulósicos con igual número de azúcares (Figura 10) diferenciándose solo en sus propiedades físicas. Tienen un efecto positivo en el tratamiento de la congestión de las vías respiratorias y son utilizados en las emulsiones y suspensiones a modo de excipiente como vehículo en el transporte de los fármacos (Vera y Manzaba, 2019).

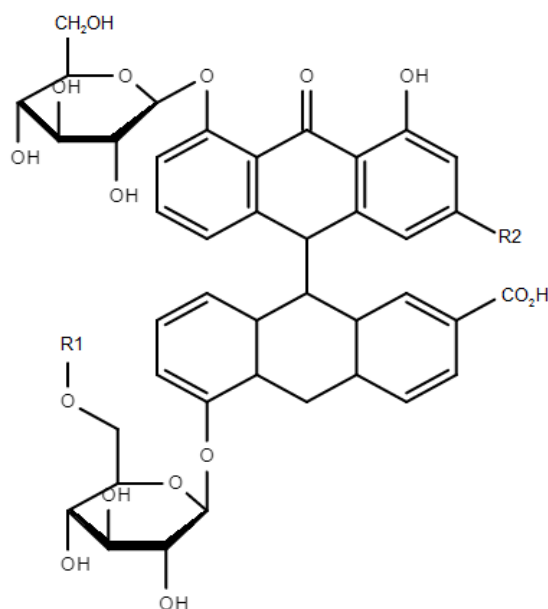


Figura 10. Estructura química de los mucílagos.

Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Quinonas y Antraquinonas

Las quinonas y antraquinonas (Figura 11) son una clase de moléculas orgánicas que derivan de compuestos aromáticos como el benceno, el naftaleno o el antraceno, se encuentran en las hojas, vainas, raíces y semillas de diversas plantas, se utilizan para fabricar tinturas y papel, como medicamento y como repelente de pájaros para proteger semillas y frutos (Liu, 2011).

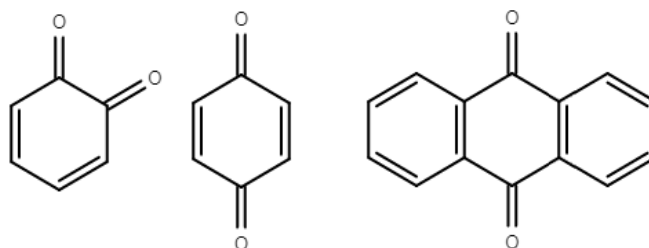


Figura 11. Estructura química de las quinonas y las antraquinonas.

Elaborado por Pérez y Terán, 2024. Utilizando chemspider.com

Fotoprotector

Los fotoprotectores se definen como agentes que tienen la finalidad de proteger la estructura y preservar la función de la piel contra el daño solar; los protectores solares son productos cosméticos seguros y eficaces, de aplicación tópica que protegen la piel de las radiaciones ya que interaccionan con las mismas. En cuanto a la clasificación de fotoprotectores en el campo de la fotobiología y foto medicina se reconocen los fotoprotectores tópicos y los sistémicos (Vitale, 2002).

Fotoprotectores tópicos

Son aquellos que se utilizan como cremas, geles, lociones, spray; según su mecanismo de acción o protección se dividen en agentes físicos y químicos. Los físicos o inorgánicos son aquellos que reflejan o dispersan la radiación con mínima absorción, por otro lado los químicos u orgánicos son agentes que actúan por absorción de la radiación UV (Vera, 2022).

Fotoprotectores sistémicos

Son compuestos precursores de la vitamina A con acción en contra de los radicales libres generados en el proceso oxidativo por la luz, incluye los polifenoles y flavonoides como agentes utilizados en fotoprevención de carcinogénesis con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, disminuyen el eritema inducido por la radiación ultravioleta y brindan protección a las células de Langerhans, además de disminuir el daño oxidativo del ADN (Schalka, 2013).

Factor de Protección solar

Se denomina factor de protección solar (FPS) al número de veces que el fotoprotector aumenta la capacidad de defensa natural de la piel frente al eritema o enrojecimiento previo a la quemadura. De acuerdo a la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) el

FPS puede clasificarse como bajo en un valor de $4 \pm 0,7$ y como alto en un valor de $9,8 \pm 15$. Por otro lado, la Agrupación Europea de Fabricantes de Productos de Cosmética y Perfumería (COLIPA) clasifica al factor de protección solar en: P1/Estándar bajo cuando el FPS se encuentra en un rango de 4,0-4,4; P2/Estándar alto cuando el FPS se encuentra en un rango de 11,5-13,9 y P3/Estándar muy alto cuando el FPS es superior a 15 (Batlle, 2005).

Definición operacional de variables

Una variable es una característica que puede sufrir cambios y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control dentro de una investigación; al hacer la operacionalización de las variables se hace referencia al proceso de transformar las variables que contiene la investigación expresadas como conceptos abstractos en términos concretos, observables y medibles (Arias, 2006).

Es necesaria la definición conceptual y la definición operacional de las variables dentro del evento de estudio para establecer los criterios de análisis con el objetivo de identificar la presencia de elementos a analizar y los datos en dimensiones e indicadores que derivan de las bases teóricas. La operacionalización sirve para identificar manifestaciones del evento o variable de estudio que hagan posible su captación y medición. (Hurtado, 2012). En las siguientes tablas se operacionalizan las variables de esta investigación, en la Tabla 2 la variable independiente relacionada con los metabolitos secundarios esperados en el extracto de las hojas de *Baccharis latifolia* y en la Tabla 3 la variable dependiente relacionada con el factor de protección solar.

Tabla N° 2. Operacionalización de la variable: Metabolitos secundarios del extracto de las hojas de *Baccharis latifolia*.

1	2	3
Variable	Tipo de Variable	Definición Conceptual
Metabolitos secundarios presentes en los extractos de las hojas de <i>Baccharis latifolia</i>	Independiente	Compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas
4	5	6
Definición Operacional ¿Cómo se mide?	Dimensiones	Indicadores
Análisis Fitoquímico preliminar Cambio de color, precipitado, fluorescencia, formación de anillo, altura de espuma, estabilidad de la espuma.	Pruebas químicas cualitativas	Alta Presencia(+++) Moderada Presencia(++) Baja Presencia(+) Ausencia(-)
	Triterpenos y esteroides	
	Compuestos Fenólicos	
	Alcaloides	
	Flavonoides	
	Saponinas	
	Glicósidos	
	Taninos	
	Quininas y Antraquinonas	
	Mucilagos	
	Cumarinas	

Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Tabla N° 3. Operacionalización de la variable: Factor de protección solar.

1	2	3
Variable	Tipo de Variable	Definición Conceptual
Factor de protección solar de los extractos de las hojas de <i>B. latifolia</i>	Dependiente	El factor de protección solar o índice de protección solar indica la fracción de rayos ultravioleta que recibe la piel protegida
4	5	6
Definición Operacional ¿Cómo se mide?	Dimensiones	Indicadores
Espectrofotometría Método de Mansur	Absorción de los metabolitos secundarios 290-320 nm	Absorción en nm Ecuación de Mansur

Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

Los criterios metodológicos comprenden el conjunto de pasos a desarrollar durante la investigación relacionados con las decisiones que el investigador toma con respecto a tipo de investigación, diseño, unidades de estudio y procedimientos, entre otros; desde la comprensión holística de la investigación se desarrolla una clasificación basada en diez tipos: exploratoria, descriptiva, analítica, comparativa, explicativa, predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa (Hurtado, 2012).

La investigación analítica intenta identificar las sinergias o los aspectos menos evidentes de los eventos analizados, en algunos casos se manifiestan como contrastación de un evento con otro, o la medida en que un evento contiene o se ajusta a ciertos criterios. Al respecto, esta investigación es de tipo analítica, ya que se realizó un análisis del extracto metánolico de las hojas de *B. latifolia* para la determinación de los metabolitos secundarios presentes y un análisis del factor de protección solar de los mismos.

Diseño de la investigación

El diseño de investigación es un plan o estrategia que concibe el investigador para obtener la información que requiere (Hernández y cols., 2010). Las estrategias están representadas por el dónde, cuándo y la amplitud de la información que se quiere recolectar (Hurtado, 2012). Tomando en cuenta lo expresado, el “dónde” de la presente investigación está representado por el Laboratorio “B” de productos naturales “Antonio Morales” perteneciente a la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes teniendo un diseño de laboratorio. Respecto al

“Cuándo” el diseño es de tipo contemporáneo y transeccional esto debido a que la información se recolectó en tiempo presente y una sola vez en relación a la unidad de investigación. La “Amplitud de la información” de esta investigación se basa en un diseño univariable, esto debido a que el evento de estudio está compuesto por el objeto y el sujeto de estudio.

Población y muestra

Unidad de investigación

La unidad de investigación está representada por la especie botánica *Baccharis latifolia* recolectada en el estado Mérida.

Selección del tamaño de la muestra

La muestra está representada por las hojas de la especie botánica *Baccharis latifolia* recolectada en el estado Mérida.

Sistema de variables

La operacionalización de las variables en esta investigación se encuentran ordenadas en variables dependientes e independientes, una variable dependiente representada por el factor de protección solar y una variable independiente representada por la composición química de los extractos de *B. latifolia*, el sistema de variables se presenta en la Tabla 4.

Tabla N° 4. Variables según la naturaleza, escala de medida e indicadores.

Variable	Tipo de variable			Escala de medida				Indicador
	Cualitativa	Cuantitativa		Nominal	Ordinal	Intervalo	Razón	
		Discreta	Continua					
Composición química de los extractos de las hojas de <i>B. latifolia</i>	X			X				Presencia: -Alta -Moderada -Bajas Ausencia
Factor de Protección solar			X			X		Valor numérico. Ecuación de Mansur.

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

www.bdigital.ula.ve

Instrumento de recolección de datos

Un instrumento es de gran utilidad dentro de la investigación ya que es la herramienta que permite recolectar los datos relacionados con los objetivos y los indicadores obtenidos dentro de la operacionalización de las variables (Palella, 2017). Los instrumentos para la recolección de datos de esta investigación incluyen la elaboración de tablas de resultados y gráficos así como también la utilización de registro fotográfico por imágenes para mejorar el entendimiento y comprensión de la información obtenida respecto a la composición química del extracto y el factor de protección solar.

Procedimientos

Recolección del material vegetal

Las muestras vegetales frescas de la especie *B. latifolia* se recolectaron en una salida de campo (Ver Anexo 4) realizada en el mes de noviembre del año 2023 (Figura 12) en la vía a la localidad de Piñango ubicada en la región montañosa de la ladera noroeste de la Sierra La Culata, subregión de los Pueblos del Norte, sector Collado del Cóndor, parroquia Piñango del municipio Miranda del estado Mérida; coordenadas obtenidas por GPS GARMIN modelo Legend “H eTrex” (Ver Anexo 5), con una precisión de aproximada de cuatro (04) metros, posición N:08°52.716´ - W:070°51.667´/ Posición 19 P 0295334 – UTM 0981944 a una altura de 4.262 m s. n. m.



Figura 12: Recolección de muestras vegetales frescas de la especie *B. latifolia*
Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Selección, división y preparación del material vegetal

El material vegetal de la especie *B. latifolia* se sometió a un proceso de selección por separado para eliminar las impurezas y partes en descomposición de las hojas que pudiesen alterar la pureza, luego del proceso de selección y de división entre hojas y tallo se seleccionó una muestra representativa de las hojas destinada a la preparación del extracto.

Secado, molienda y pesada del material vegetal

El material vegetal seleccionado de *B. latifolia* se secó al aire libre a una temperatura no superior a 40°C por más de 72 horas, transcurrido este tiempo se verificó que la muestra se encontraba libre de humedad y fue quebradiza al tacto para luego realizar el proceso de molienda hasta obtener un polvo fino capaz de traspasar un tamiz específico de malla número 20. La muestra obtenida se colocó en un envase rotulado para luego almacenarse en un lugar seco y fresco hasta el proceso de extracción.

Extracción por maceración del material vegetal

De la muestra seca y molida de *B. latifolia* se pesaron 102 gramos (Figura 13) esta cantidad representativa fue sometida a una extracción sólido-líquido por maceración en frío utilizando como solvente metanol (Figura 14) por un periodo de 10 días, la maceración se dio en dos ciclos de cinco días cada uno con constante agitación. El extracto metanólico se filtró por gravedad (Figura 15) y se concentró destilando el metanol a presión reducida utilizando un rotavapor a 40°C de temperatura (Figura 17). El producto se colocó en un envase ámbar rotulado (Figura 18) y se conservó en un lugar seco y fresco.



Figura 13: Pesada de la muestra seca y molida de *B. latifolia*
Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.



Figura 14: Extracción sólido-líquido por maceración en frío utilizando como solvente metanol de las hojas secas de *B. latifolia*
Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.



Figura 15: Filtrado por gravedad del extracto de las hojas de *B. latifolia*
Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.



Figura 16: Concentrado del extracto utilizando un rotavapor
Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

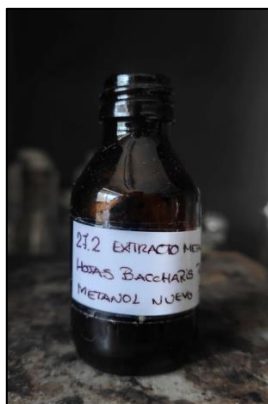


Figura 17: Extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia*
Elaborado por Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Identificación de metabolitos secundarios y determinación del factor de protección solar en los extractos de las hojas de B. latifolia

La identificación de metabolitos secundarios y la determinación del factor de protección solar se realizó en el Laboratorio B de Productos Naturales “Antonio Morales” adscrito al Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes con la asesoría y supervisión del profesor Alexis Buitrago y la profesora Janne Rojas Vera.

Análisis fitoquímico preliminar

Se efectuaron una serie de pruebas químicas para determinar la presencia de metabolitos secundarios en los extractos metanólicos de las hojas de *B. latifolia*, estas pruebas cualitativas permiten la identificación por reacciones de precipitado, turbidez, espuma o coloración dependiendo del metabolito (Palomino, 2001). Los diferentes ensayos permiten identificar de forma cualitativa la presencia de ciertos metabolitos secundarios en la especie tales como alcaloides, cumarinas, compuestos fenólicos, flavonoides, quinonas, antraquinonas, saponinas, glucósidos cardiotónicos, taninos y mucilagos (Buitrago y cols., 2022).

Identificación de Triterpenos y Esteroides: Ensayo de Liebermann-Burchard, reacción de Rosenthaler y prueba de Salkowski

Para el ensayo de Liebermann-Burchard se tomó un tubo de ensayo con una porción del extracto y 2 mL de metanol para disolver, posteriormente se añadieron 2 gotas de ácido acético glacial y luego 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado; la formación en la interface de un color azul o verde indica la presencia de esteroides, la formación de un color amarillo anaranjado evidencia la presencia de triterpenoides.

Seguidamente, se llevó a cabo la reacción de Rosenthaler donde a una pequeña porción del extracto concentrado se le adicionaron 2 gotas de vainillina y luego 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado; la formación en la interfase de un color violeta indica la presencia de saponinas triterpenoides.

Finalmente, para la prueba de Salkowski se disolvió una porción del extracto en 2 mL de cloroformo y se adicionaron 2 mL de ácido sulfúrico concentrado hasta formar una doble fase, la formación de un color marrón rojizo en la interfase indica la presencia de un anillo esteroideo (Martínez y cols., 2004).

Identificación de compuestos fenólicos: Ensayo con $FeCl_3$

Este ensayo se llevó a cabo disolviendo en un tubo de ensayo una porción del extracto con 2 mL de metanol, luego se le adicionaron 3 gotas de solución de acetato de sodio para neutralizar y 3 gotas de la sal férrica en solución fisiológica al 5%; una coloración roja, azul o verde indicó la presencia de compuestos fenólicos (Martínez, 2005).

Identificación de Flavonoides: Ensayo de Shinoda, reacción de Pew's, reacción de hidróxido de sodio

Durante el ensayo de Shinoda una porción del extracto se disolvió en 2 mL de etanol y se adicionaron 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado; la

formación de una coloración roja indica la presencia de auronas o chalconas. Para la reacción de Pew's a un tubo con extracto diluido con metanol se le agregó polvo de zinc y unas gotas de ácido clorhídrico 5 N; el desarrollo de una coloración rojo púrpura o rojo cereza indica la presencia dihidroflavonas, y la aparición de una coloración rosa o café muestra la presencia de flavanonas, dihidrochalconas y otros flavonoides.

Para la reacción con hidróxido de sodio al 10% m/v se añadieron 3 gotas a una porción del extracto en un tubo de ensayo, la reacción es positiva para xantonas y flavonas con la aparición de una coloración amarilla o roja, es positiva para chalconas por una coloración café o púrpura rojizo y coloración azul identifica antocianinas (Martínez y cols., 2004).

Identificación de Alcaloides: Ensayo de Dragendorff, ensayo de Hager

Se tomaron 2 tubos de ensayo, en cada uno se tomó una alícuota del extracto que se disolvió en 2 mL de ácido clorhídrico al 5 %, se agitaron y se agregaron, por separado, a cada uno de los tubos, unas gotas del reactivo correspondiente; la presencia de un precipitado rojo pardo, blanco amarillento o anaranjado indica la positividad de la prueba (Martínez, 2005).

Identificación de taninos: Ensayo de gelatina al 1%, gelatina-sal, tricloruro férrico y ferricianuro de potasio al 1%

La identificación de taninos se realizó disolviendo 100 mg del extracto en 10 mL de etanol, se agitó durante 5 minutos y se hizo una extracción con 25 mL de agua destilada, la solución resultante se calentó hasta ebullición por 15 minutos, a la solución se le adicionaron 0,2 mL de cloruro de sodio acuoso al 1% m/v y se filtró. Se rotularon 5 tubos de ensayo y se le adicionaron 3 mL del filtrado a cada tubo. El tubo 1 se dejó como control. Al tubo 2 se le agregaron 5 gotas de reactivo de gelatina; un precipitado blanco muestra que es positivo para taninos. Al tubo 3 se le agregaron 5 gotas de solución salina 1% m/v en gelatina, un precipitado blanco significa que es

positivo para taninos. Al tubo 4 se le agregaron 3 gotas de la solución de la sal férrica, un color rojo identifica compuestos fenólicos, un color verde intenso identifica taninos pirocatecólicos y un color azul identifica taninos pirogalatánicos. Por último, al tubo 5 se le agregó 1 gota de ferricianuro de potasio, un color azul identifica compuestos fenólicos (Domínguez, 1990).

Identificación de cumarinas: Ensayo con hidróxido de amonio

Para la identificación de cumarinas se disolvió en un tubo de ensayo una porción del extracto con 0,5 mL de etanol, se agitó y luego se le añadieron 2 gotas de hidróxido de amonio concentrado; el ensayo es positivo para cumarinas si hay fluorescencia azul, verde o amarilla al visualizarse el tubo en una lámpara a una longitud de onda de 365 nm (Domínguez, 1990).

Identificación de Saponinas: Prueba de altura de la espuma y prueba con bicarbonato de sodio

Se evaluó la altura de la espuma para la presencia de saponinas colocando 1 mL de extracto acuoso en un tubo de ensayo. El tubo se agitó vigorosamente y se tomó la altura de la espuma; la prueba se consideró positiva si presentaba una altura estable de 8 a 10 mm por 30 minutos. Seguidamente se realizó la prueba con bicarbonato de sodio, donde a 50 mL del extracto se le añadió una gota de bicarbonato de sodio y se agitó durante 3 minutos, la formación de espuma en forma de panal de abeja indicó la presencia de saponinas (Domínguez, 1990).

Identificación de quinonas y antraquinonas: Reacción con NH_4OH , Reacción con H_2SO_4 y Reacción de Borntrager

Para la identificación de antraquinonas se realizó el ensayo con hidróxido de amonio. A un tubo se le agregó una pequeña porción de extracto y se le adicionó una gota de hidróxido de amonio concentrado; la prueba se consideró positiva al aparecer una coloración roja en los dos primeros minutos. Para la reacción con ácido sulfúrico concentrado a una pequeña

porción de extracto en un tubo de ensayo se le agregó una gota de ácido sulfúrico concentrado; la formación de una coloración roja indicó la presencia de antraquinonas. Además se llevó a cabo la reacción de Borntrager, una pequeña porción del extracto se diluyó en 3 mL de agua destilada y se filtró, al líquido filtrado se le añadieron 3 mL de hidróxido de potasio al 5% y se calentó a ebullición por 3 minutos, se enfrió y se realizó la extracción con 3 mL de cloroformo, posteriormente se eliminó la fase acuosa y a la fracción clorofórmica se le adicionaron 2 mL de hidróxido de potasio al 5%; un color rojo indicó la presencia de benzoquinonas. Si se observa un color amarillo verdoso significa que requería de la adición de una gota de peróxido de hidrógeno al 6%; si la coloración cambiaba a roja se consideraba positiva la prueba para derivados de antranas (Thompson, 1958).

Identificación de mucilagos: Enfriamiento a 5°C

En la realización de esta prueba se disolvió una porción del extracto en agua destilada, se tomó una alícuota del extracto en agua y se enfrió a una temperatura de entre 0°C y 5°C; si la solución toma una consistencia gelatinosa se considera positivo el ensayo (Trease y Evans, 2002).

Identificación de glicósidos: Reacción con hidróxido de sodio, ensayo de Keller – Killiani, reacción de Legal

Se disolvió parte del extracto en 1 mL de agua y se añadieron gotas de hidróxido de sodio acuoso 10% m/v; una coloración amarillenta indica la presencia de glucósidos. Para el ensayo de Keller – Killiani se diluyó en un tubo una porción del extracto en el reactivo de Keller que contiene ácido acético glacial y una sal férrica, luego se adicionaron gotas de ácido sulfúrico concentrado, un anillo de color marrón en la interfaz indica la presencia de azúcares desoxigenadas. En la reacción de Legal se agregaron 3 gotas de piridina a una alícuota del extracto, se adicionó una gota de solución de nitroprusiato de sodio al 5% y finalmente se adicionaron 3 gotas de hidróxido

de sodio 2N; la aparición de un color rojo intenso indicó la presencia de lactonas (Shyamala-Gowri, 2010).

Determinación del Factor de Protección Solar

En la presente investigación se determinó el factor de protección solar de los extractos metanólicos de las hojas de *B. latifolia* utilizando el método espectroscópico de Mansur, este método es cuantitativo, de bajo costo, rápido y simple, sus resultados se expresan mediante la ecuación de Mansur (Buitrago y cols., 2022).

El método de Mansur se basa en medir la absorción de los filtros solares a través de un análisis espectrofotométrico sobre una solución diluida a una concentración de $0,2 \mu\text{g mL}^{-1}$. Se tomaron 20 mg de extracto metanolico, el extracto se transfirió a un matraz volumétrico de 50 mL y fue diluido con etanol hasta completar la línea de aforo, logrando una solución madre de 400 ppm.

Se tomó una alícuota de 25 mL de la solución madre, esta alícuota se transfirió a un matraz volumétrico de 25 mL y se completó con etanol hasta alcanzar el volumen requerido para obtener una disolución de 200 ppm. Seguidamente se tomó una alícuota de 30 mL de la solución preparada anteriormente que se transfirió a un matraz volumétrico y se completó con etanol hasta alcanzar el aforo de 50 mL para obtener una disolución de 120 ppm. De la disolución de 120 ppm preparada se tomaron 25 mL que se llevaron a un balón volumétrico y se alcanzó el volumen total de 50 mL con etanol para obtener una solución de 60 ppm. De la última solución preparada se tomaron 25 mL, esto con la finalidad de obtener una disolución de 30 ppm al completar los 50 mL del matraz volumétrico.

El equipo utilizado para el desarrollo de esta investigación fue un espectrofotómetro de UV-Visible marca Shimadzu modelo UV-160 A (Anexo N° 6) ubicado en el Laboratorio de Toxicología “Dr. Pablo Paredes Vivas” de

la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes bajo la supervisión del profesor Alexis Buitrago y el farmacéutico Carlos Contreras; se hizo un barrido de las cuatro soluciones preparadas en el espectro de 200 a 700 nm. Las absorbancias de las soluciones de 200, 120, 60 y 30 ppm se midieron dentro del rango de 290 nm a 320 nm (UVB) a intervalos de 5 nm, usando una celda de cuarzo de camino óptico de 1 cm, por triplicado (Buitrago y cols., 2022). El Factor de protección solar se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{SPF} = \text{CF} \times \sum_{\lambda=290}^{320} \text{EE}(\lambda) \times I(\lambda) \times \text{Abs}(\lambda)$$

Donde, SPF representa el factor de protección solar, CF es un factor de corrección que es una constante con valor de 10, EE (λ) representa el efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda λ , I (λ) representa la intensidad del sol en la longitud de onda λ y Abs (λ) es igual a la absorbancia de la solución en la longitud de onda λ (Camones y cols., 2014). El producto obtenido de EE(λ) e I(λ) son constantes establecidas por Sayre y cols. (1979), y estos se describen en la Tabla N°5.

Tabla N° 5. Función del producto normalizado utilizado en el cálculo del SPF

Longitud de Onda (nm)	290	295	300	305	310	315	320	Total
EE(λ) e I(λ)	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	1,0000

Fuente: Buitrago y cols., 2023. Sayre y cols., 1979.

Elaborado por: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Diseño de análisis de los datos

Los datos se recolectaron durante la fase interactiva de la investigación y fueron analizados a través de dos enfoques: a) Un enfoque cualitativo que comprende las reacciones químicas de precipitación, turbidez, espuma o

coloración del tamizaje fitoquímico y b) Un enfoque cuantitativo a través de operaciones numéricas matemáticas relacionadas al factor de protección solar. Respecto al universo estadístico de esta investigación el mismo estuvo representado por el extracto metanólico de las hojas de la especie *B. latifolia*, en donde en primer lugar se identificaron sus metabolitos secundarios y en segundo lugar se determinó el factor de protección solar.

Las variables que se midieron tuvieron como punto de partida su naturaleza cualitativa nominal para los metabolitos secundarios y su naturaleza cuantitativa de intervalo para el factor de protección solar. Los resultados se sistematizaron a través de tablas y gráficos con el fin de cooperar en la interpretación de los mismos para dar con la respuesta del enunciado holopráxico, cumpliendo con lo formulado en el objetivo general y las actividades planteadas dentro de los objetivos específicos de esta investigación.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Resultados

Una vez realizados los procedimientos descritos en el capítulo anterior se obtuvieron los resultados de la investigación, a continuación se presenta el rendimiento luego de la obtención del extracto metanólico; los resultados del análisis fitoquímico preliminar para la determinación de metabolitos secundarios y el análisis del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de la especie *Baccharis latifolia* recolectada en el estado Mérida.

Rendimiento del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia*

Tabla N° 6. Rendimiento del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia*

Peso seco de las hojas	102,00 gr
Peso del recipiente ámbar vacío	42,73 gr
Peso del recipiente ámbar con el extracto	61,36 gr
Peso del extracto concentrado de hojas	18,63 gr

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Fórmula para hallar el rendimiento del extracto:

$$\text{Rendimiento del extracto} = \frac{\text{Extracto concentrado} \times 100\%}{\text{Peso seco}}$$

Rendimiento del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia*

$$\text{Rendimiento del extracto} = \frac{18,63\text{gr} \times 100\%}{102\text{gr}} = 18,26\%$$

Partiendo de un peso seco de las hojas de 102 gramos se obtuvo un rendimiento del 18,26% en el extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia*.

Estudio fitoquímico preliminar para el extracto metanólico de hojas de Baccharis latifolia

Para la detección de los grupos de metabolitos secundarios presentes en el extracto se realizó un estudio fitoquímico preliminar empleando técnicas simples y rápidas. Se llevaron a cabo los siguientes ensayos en el extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia*: El ensayo de Liebermann-Burchard, la reacción de Rosenthaler y la prueba de Salkowski para la identificación de triterpenos y esteroides; para la identificación de compuestos fenólicos se llevó a cabo el ensayo con FeCl_3 ; el ensayo de Shinoda, la reacción de Pew's y la reacción con hidróxido de sodio para la identificación de flavonoides; se hizo la identificación de alcaloides a través del ensayo de Dragendorff y el ensayo de Hager; para identificar taninos se llevó a cabo el ensayo de gelatina al 1%, gelatina-sal, tricloruro férrico y ferricianuro de potasio al 1%.

También se realizó el ensayo con hidróxido de amonio para la identificación de cumarinas; la identificación de saponinas se hizo mediante la prueba de la altura de la espuma y la prueba con bicarbonato de sodio; la identificación de quinonas y antraquinonas se efectuó mediante la reacción con NH_4OH , la reacción con H_2SO_4 y la reacción de Borntrager; se empleó el enfriamiento a 5 °C para la identificación de mucílagos y por último se identificaron glicósidos mediante la reacción con hidróxido de sodio, el ensayo de Keller – Killiani y la reacción de Legal. Para el análisis fitoquímico se utilizó el sistema de signos para la identificación de los metabolitos secundarios, ausentes (-) o presentes (+); los resultados positivos fueron interpretados en un criterio de medida de cruces: + presencia baja; ++ presencia moderada; +++ presencia alta.

En las Tablas N° 7 y 8 se muestran los resultados del tamizaje fitoquímico realizado al extracto metanólico de las hojas de la especie *B. latifolia*, donde se ve expresada cualitativamente la presencia de una gran variedad de

metabolitos secundarios. El extracto mostró alta presencia de metabolitos secundarios de tipo flavonoides, taninos, cumarinas, compuestos fenólicos y glicósidos; presencia moderada de triterpenos y esteroides y presencia baja de saponinas y mucilagos. También se determinó la ausencia de metabolitos de tipo alcaloides, quinonas y antraquinonas.

Tabla N° 7. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia* (resumen)

Metabolito	Prueba	Resultado
Alcaloides	Hager	-
	Dragendorff	-
Quinonas y Antraquinonas	NH ₄ OH	-
	H ₂ SO ₄ c	-
	Borntragner	-
Glicósidos	NaOH	+++
	Keller Killiani	+++
	Legal	+++
Triterpenos y Esteroides	Lieberman Bouchard	+++
	Rosenthaler	++
	Salkowski	+
Flavonoides	Shinoda	+
	Pew's	+++
	NaOH 10%	+++
Cumarinas	NH ₄ OH	+++
Saponinas	Altura de la espuma	+
	NaHCO ₃	+
Taninos	Gelatina	+
	Gelatina + sal	+
	FeCl ₃	+++
	KFe(CN) ₆ 1%	-
Mucílagos	Enfriamiento 5°C	+
Compuestos fenólicos	FeCl ₃ 5%	+++
Leyenda: Ausencia (-), Presencia baja (+), Presencia moderada (++), Presencia alta (+++).		

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Tabla N° 8. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia* (desglosada)

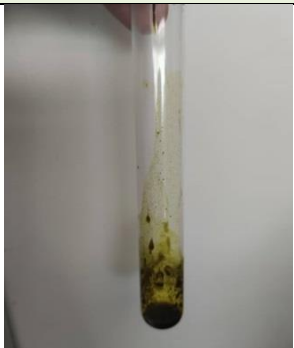
Metabolito	Prueba	Resultado			
Alcaloides	Hager	-			
	Dragendorff	-			
Quinonas y Antraquinonas	NH ₄ OH	-			
	H ₂ SO _{4 c}	-			

Tabla N° 8. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia* (desglosada) continuación...

Quinonas y Antraquinonas	Borntrager	-			
Glicósidos	NaOH	+++			
	Keller Killiani	+++			
	legal	+++			

Tabla N° 8. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia* (desglosada) continuación...

Triterpenos y Esteroides	Lieberman Bouchard	+++	
	Rosenthaler	++	
	Salkowski	+	
Flavonoides	Shinoda	+	

Tabla N° 8. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia* (desglosada) continuación...

Flavonoides	Pew's	+++			
	NaOH 10%	+++			
Cumarinas	NH ₄ OH	+++			
Saponinas	Altura de la espuma	+			

Tabla N° 8. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia* (desglosada) continuación...

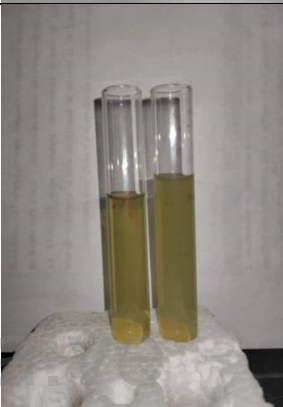
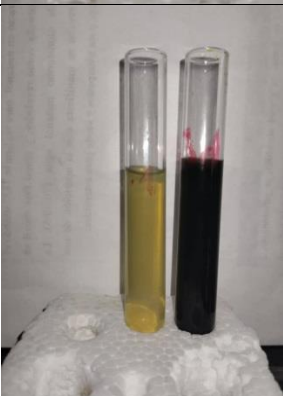
Saponinas	NaHCO_3	+			
Taninos (El primer tubo es el control)	Gelatina	+			
	Gelatina + sal	+			
	FeCl_3	+++			

Tabla N° 8. Resultados del tamizaje fitoquímico del extracto metanólico de hojas de *Baccharis latifolia* (desglosada) continuación...

Taninos (El primer tubo es el control)	K ₄ [Fe(CN) ₆] 1%	-	
Mucílagos	Enfriamiento 5°C	+	
Compuestos fenólicos	FeCl ₃ 5%	+++	
Leyenda: Ausencia (-), Presencia baja (+), Presencia moderada (++), Presencia alta (+++).			

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de *Baccharis latifolia*

Para la evaluación del factor de protección solar se utilizó el método descrito por Mansur *et.al.* en 1986. Los resultados del análisis espectrofotométrico a 200 ppm ($0,2 \text{ mg mL}^{-1}$) y evaluados por triplicado se presentan en la Tabla N° 9. Los resultados de las mediciones de las absorbancias de las soluciones a 120 ppm, 60 ppm y 30 ppm se presentan en las tablas N° 10, N° 11 y N° 12, respectivamente. Estos resultados son el promedio de tres mediciones por separado del Factor de Protección Solar $\pm$ Desviación Estándar (DE) de las muestras analizadas.

Tabla N° 9. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de *Baccharis latifolia* a 200 ppm.

CONCENTRACIÓN									200 ppm		
Λ (nm)		290	295	300	305	310	315	320	Σ	FC (X10) = FSP	FPS
Constante EE(λ) x I(λ)		0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180			
1	Abs	0,124	1,038	1,441	1,431	1,419	1,444	1,497	1,3825	13,8249	13,56 $\pm$ 0,246
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0019	0,0848	0,4141	0,4691	0,2645	0,1212	0,0269			
2	Abs	0,127	1,053	1,405	1,400	1,383	1,411	1,463	1,3532	13,5316	
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0019	0,0860	0,4038	0,4589	0,2578	0,1184	0,0263			
3	Abs	0,121	1,023	1,386	1,383	1,362	1,391	1,441	1,3336	13,3360	
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0018	0,0836	0,3983	0,4533	0,2539	0,1167	0,0259			
Leyenda: Λ = Longitud de onda en nanómetros; Constante EE(λ) x I(λ) = Efecto eritemogénico por la intensidad del sol; Abs = Absorbancia; Σ = Sumatoria de los productos de la constante por la Absorbancia; FC x10 = Factor de corrección; FPS = Factor de protección solar.											

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Los resultados del ensayo para determinar el FPS mediante el método espectrofotométrico *In Vitro* revelaron que el extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* presenta una capacidad fotoprotectora de $13,56 \pm 0,246$; este valor se considera alto según la Asociación Europea de Cosmética y Perfumería (COLIPA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) para las radiaciones de tipo UVB.

Tabla N° 10. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de *Baccharis latifolia* a 120 ppm.

CONCENTRACIÓN								120 ppm			
Λ (nm)		290	295	300	305	310	315	320	Σ	FC (X10) = FSP	FPS
EE(Λ) x I(Λ)		0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180			
1	Abs	0,140	0,837	0,940	0,916	0,909	0,935	0,988	0,9066	9,0657	9,20 $\pm$ 0,133
	EE(Λ) x I(Λ) * Abs	0,0021	0,0684	0,2702	0,3003	0,1694	0,0784	0,0178			
2	Abs	0,141	0,840	0,979	0,947	0,929	0,949	0,995	0,9332	9,3323	
	EE(Λ) x I(Λ) * Abs	0,0021	0,0686	0,2814	0,3104	0,1732	0,0796	0,0179			
3	Abs	0,139	0,839	0,960	0,932	0,919	0,942	0,992	0,9199	9,1988	
	EE(Λ) x I(Λ) * Abs	0,0021	0,0685	0,2758	0,3053	0,1713	0,0790	0,0178			
Leyenda: Λ = Longitud de onda en nanómetros; Constante EE(Λ) x I(Λ) = Efecto eritemogénico por la intensidad del sol; Abs = Absorbancia; Σ = Sumatoria de los productos de la constante por la Absorbancia; FC x10 = Factor de corrección; FPS = Factor de protección solar.											

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Tabla N° 11. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de *Baccharis latifolia* a 60 ppm.

CONCENTRACIÓN									60 ppm		
λ (nm)		290	295	300	305	310	315	320	Σ	FC (X10) = FSP	FPS
EE(λ) x I(λ)		0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180			
1	Abs	0,149	0,480	0,492	0,470	0,460	0,470	0,498	0,4711	4,7106	4,74 ± 0,027
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0022	0,0392	0,1414	0,1541	0,0857	0,0394	0,0090			
2	Abs	0,150	0,469	0,493	0,475	0,464	0,474	0,501	0,4732	4,7324	
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0023	0,0383	0,1417	0,1557	0,0865	0,0398	0,0090			
3	Abs	0,145	0,483	0,496	0,478	0,465	0,475	0,505	0,4765	4,7649	
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0022	0,0395	0,1426	0,1567	0,0867	0,0399	0,0091			
Legenda: λ = Longitud de onda en nanómetros; Constante EE(λ) x I(λ) = Efecto eritemogénico por la intensidad del sol; Abs = Absorbancia; Σ = Sumatoria de los productos de la constante por la Absorbancia; FC x10 = Factor de corrección; FPS = Factor de protección solar.											

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Tabla N° 12. Evaluación del factor de protección solar en el extracto metanólico de las hojas de *Baccharis latifolia* a 30 ppm.

CONCENTRACIÓN									30 ppm		
Λ (nm)		290	295	300	305	310	315	320	Σ	FC (X10) = FSP	FPS
EE(λ) x I(λ)		0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180			
1	Abs	0,147	0,240	0,283	0,260	0,256	0,253	0,289	0,2625	2,6252	2,61 $\pm$ 0,017
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0022	0,0196	0,0813	0,0852	0,0477	0,0212	0,0052			
2	Abs	0,144	0,238	0,280	0,258	0,255	0,252	0,287	0,2605	2,6048	
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0022	0,0194	0,0805	0,0846	0,0475	0,0211	0,0052			
3	Abs	0,140	0,236	0,279	0,257	0,253	0,251	0,285	0,2592	2,5916	
	EE(λ) x I(λ) * Abs	0,0021	0,0193	0,0802	0,0842	0,0472	0,0211	0,0051			
Legenda: Λ = Longitud de onda en nanómetros; Constante EE(λ) x I(λ) = Efecto eritemogénico por la intensidad del sol; Abs = Absorbancia; Σ = Sumatoria de los productos de la constante por la Absorbancia; FC x10 = Factor de corrección; FPS = Factor de protección solar.											

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Los resultados del ensayo para determinar el FPS mediante el método espectrofotométrico *In Vitro* revelaron que el extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* en una disolución de 120 ppm presenta un factor de protección solar de $9,20 \pm 0,133$, por otro lado a 60 ppm el extracto presenta una capacidad fotoprotectora de $4,74 \pm 0,027$ y finalmente a 30 ppm el extracto posee un FPS de $2,61 \pm 0,017$.

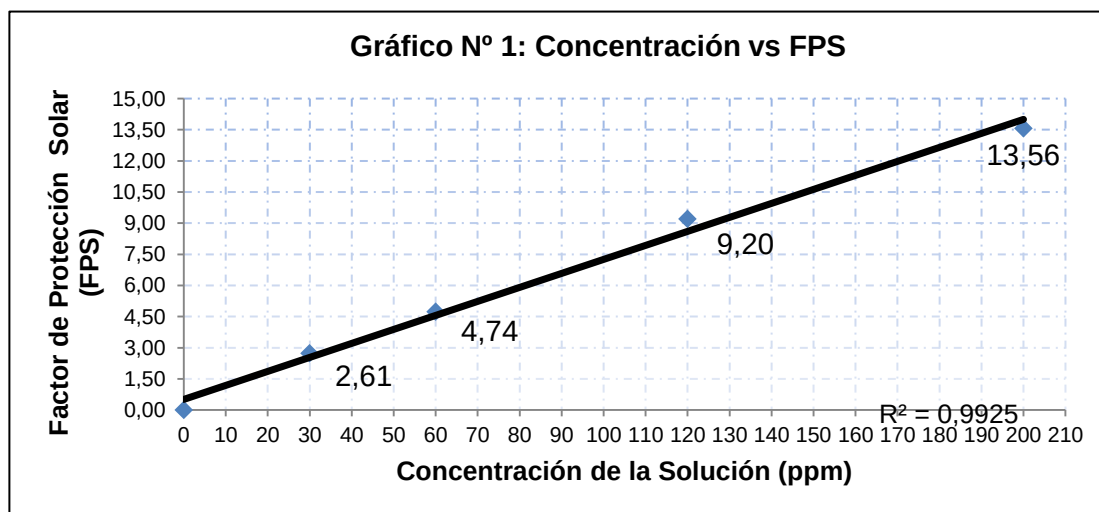
Para evaluar la linealidad y la reproducibilidad del método utilizado en esta investigación se presenta el Gráfico N° 1; donde se hace la correlación entre el valor del FPS obtenido a las diferentes concentraciones de las soluciones preparadas (Tabla N° 13), de esta manera se confirma la linealidad del método ya que se observa que a mayor concentración mayor será el factor de protección solar en el extracto metanólico de *B. latifolia*

Tabla N° 13. Valor del FPS obtenido en cada una de las soluciones analizadas.

Concentración de la solución (ppm)	Factor de Protección Solar
30	2,61
60	4,74
120	9,20
200	13,56

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Gráfico N° 1. Correlación entre el valor del FPS vs las soluciones de 200, 120, 60 y 30 ppm respectivamente.



Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Se hizo un barrido espectrofotométrico de cada una de las soluciones desde 290 nm hasta 320 nm (Gráfico N° 3) donde se hace la correlación entre el valor del FPS obtenido a las diferentes concentraciones de las soluciones preparadas (Tabla N° 13), de esta manera se confirma la linealidad del método ya que se observa que a mayor concentración mayor será el factor de protección solar en el extracto metanólico de *B. latifolia*.

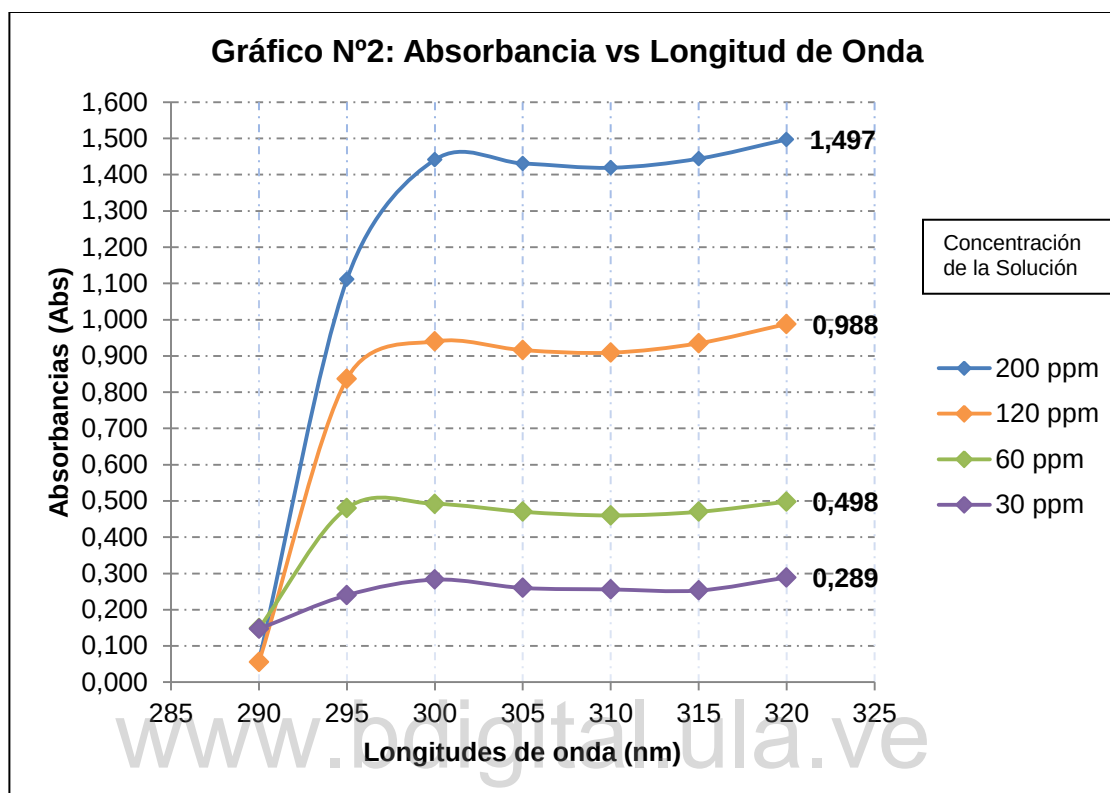
En el Gráfico N° 2 se muestran las lecturas en absorbancia y los picos obtenidos en el análisis espectrofotométrico desde 290 nm hasta 320 nm (Tabla N° 14) de cada una de las soluciones preparadas para identificar en qué parte del espectro UVB hay mayor absorción del extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia*.

Tabla N° 14. Valor de las absorbancias obtenidas en las diferentes longitudes de onda del espectro UVB de cada una de las soluciones analizadas.

Longitud de onda (nm)	Concentración de la solución (ppm)			
	200	120	60	30
290	0,060	0,056	0,149	0,147
295	1,111	0,837	0,480	0,240
300	1,441	0,940	0,492	0,283
305	1,431	0,916	0,470	0,260
310	1,419	0,909	0,460	0,256
315	1,444	0,935	0,470	0,253
320	1,497	0,988	0,498	0,289

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Gráfico N° 2. Picos obtenidos en las diferentes longitudes de onda del espectro UVB de cada una de las soluciones.



Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

El extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* tuvo una mayor absorción a la longitud de onda de 320 nm dentro del espectro UVB en todas las soluciones, alcanzando picos en absorbancia de 1,497 a una concentración de 200 ppm; 0,988 a una concentración de 120 ppm; 0,498 a una concentración de 60 ppm y de 0,289 en la concentración de 30 ppm respectivamente.

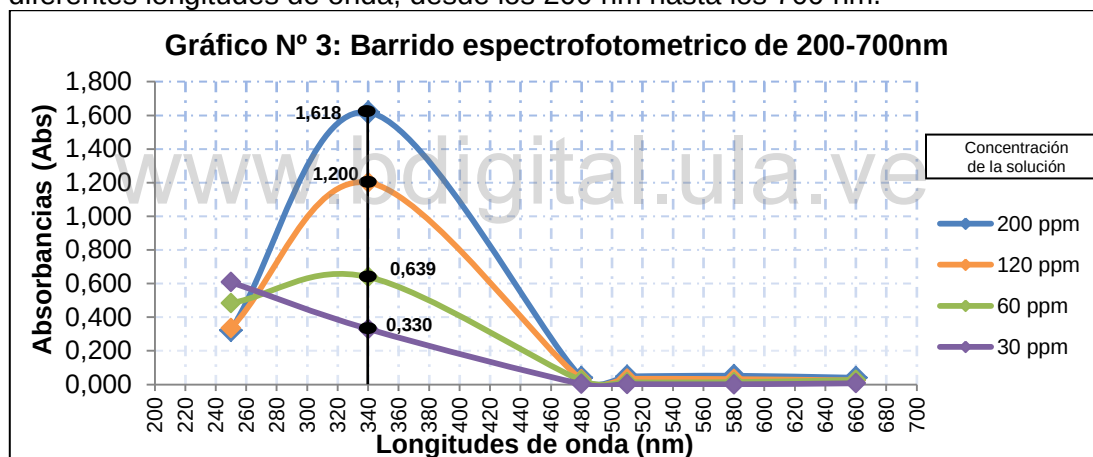
En el Gráfico N°3 se muestran las lecturas en absorbancia y los picos obtenidos en el análisis espectrofotométrico desde 200 nm hasta 700 nm (Tabla N° 15) de cada una de las soluciones preparadas para identificar en qué parte del espectro hay mayor absorción del extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia*.

Tabla N° 15. Absorbancias obtenidas en el barrido espectrofotométrico de 200 nm a 700 nm

Longitud de onda (nm)	Concentración de la solución (ppm)			
	200	120	60	30
250	0,322	0,334	0,483	0,608
340	1,618	1,200	0,639	0,330
480	0,040	0,030	0,024	0,003
510	0,048	0,034	0,013	0,002
580	0,052	0,032	0,014	0,001
660	0,040	0,024	0,026	0,007

Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

Gráfico N° 3. Absorbancias obtenidas de cada una de las soluciones en las diferentes longitudes de onda, desde los 200 nm hasta los 700 nm.



Fuente: Pérez, Terán, Rojas y Buitrago, 2024.

El extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* tuvo mayor absorción a la longitud de onda de 340 nanómetros dentro del espectro de 200 a 700 nm en todas las soluciones, alcanzando picos en absorbancia de 1,618 a una concentración de 200 ppm; 1,200 a una concentración de 120 ppm; 0,639 a una concentración de 60ppm y una absorbancia de 0,330 en la concentración de 30 ppm. La zona donde hubo mayor absorción (340 nm) se encuentra dentro del espectro UVA, que comprende desde los 321 a los 400 nm.

Discusión

Varios estudios han sido realizados con el fin de determinar el perfil fitoquímico de la especie *B. latifolia*; los resultados de la identificación de la composición química por medio del estudio fitoquímico preliminar del extracto de las hojas de *Baccharis latifolia* concuerda con la investigación realizada en el año 2019 por Benito y De La Cruz, quienes llevaron a cabo un tamizaje de los extractos de *Baccharis latifolia* e identificaron diversos metabolitos secundarios entre los que resalta la abundante presencia de compuestos fenólicos, cumarinas, taninos y flavonoides, así como la presencia moderada de triterpenos y la ausencia de alcaloides. Así mismo, el trabajo de Sandoval del año 2021 arrojó la presencia abundante de flavonoides y compuestos fenólicos, la presencia moderada de triterpenos y la ausencia de alcaloides y quinonas y antraquinonas.

Respecto al factor de protección solar (FPS) *In Vitro* de $13,56 \pm 0,24$ es la primera vez que se reporta el FPS en la especie *B. latifolia*, sin embargo se puede comparar este estudio con el realizado a otra especie de la familia Asteraceae como lo es *Aldama dentata*, esta investigación fue llevada a cabo por Isla y cols. en el año 2020, el extracto de *Aldama dentata* presentó un valor de FPS *In Vitro* de $15,15 \pm 0,15$, que según la clasificación de la European Cosmetic, Toiletry and Perfumery Association (COLIPA) está catalogado como de “Alta protección”; este resultado puede correlacionarse con los ensayos realizados en esta investigación donde se confirmó la presencia de compuestos fenólicos, cumarinas y flavonoides, lo que se traduce en un elevado poder antioxidante y, en consecuencia, una alta fotoprotección solar.

Estudios en fotoprotección se han llevado a cabo con otras especies en Venezuela, el trabajo de Buitrago y cols. en el año 2022 evaluó el factor de protección solar mediante el método espectrofotométrico *In Vitro* en dos especies del género *Vismia* recolectadas en los andes venezolanos, la

especie *Vismia baccifera* presentó un FPS de 25.3 ± 0.012 y la especie *Vismia macrophylla* de 20.7 ± 0.024 respectivamente. Los resultados observados podrían estar asociados a la presencia de concentraciones moderadas a altas de compuestos químicos como flavonoides y fenoles que se determinaron mediante un tamizaje fitoquímico, estos compuestos poseen actividad antiinflamatoria y se han utilizado para tratar el eritema provocado por la exposición prolongada a la radiación solar.

De acuerdo a González y Bravo Díaz en su estudio del año 2017 el potencial antioxidante se encuentra dentro de las aplicaciones de los metabolitos de la familia Asteraceae; debido a la concentración y diversidad de flavonoides que presenta *B. latifolia* es utilizada dentro de las industrias cosméticas, alimentaria y farmacéutica; sus usos principales son el poder antioxidante en productos de aromas y fragancias, nutrientes e hidratantes de la piel, esto está relacionado con el cuidado de la queratina y el efecto fotoprotector.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante la técnica de extracción sólido-líquido por maceración en frío utilizando como solvente metanol se obtuvo el extracto metanólico de las hojas de la especie *B. latifolia* con un porcentaje de rendimiento del 18,26 %.
- El estudio fitoquímico preliminar del extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* permitió identificar la alta presencia de metabolitos secundarios de tipo flavonoides, taninos, cumarinas, compuestos fenólicos y glicósidos; la presencia moderada de triterpenos y esteroides; la presencia baja de saponinas y mucilagos y la ausencia de alcaloides, quinonas y antraquinonas.
- Para determinar el factor de protección solar se utilizó el método espectrofotométrico *In Vitro* el cual reveló una capacidad fotoprotectora de $13,56 \pm 0,246$; este valor se considera alto según la Asociación Europea de Cosmética y Perfumería (COLIPA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) para las radiaciones de tipo UVB, lo que abre la posibilidad de utilizar este extracto como principio activo en formulaciones tópicas con efecto fotoprotector.
- El barrido espectrofotométrico del extracto metanólico de las hojas de *B. latifolia* de 200 nm hasta los 700 nm permitió observar mayor absorción a la longitud de onda de 340 nanómetros, zona que se encuentra dentro del espectro UVA.

Recomendaciones

- Que esta investigación sirva como base para evaluar el factor de protección solar en tallos, raíces y flores de la especie *B. latifolia*, así como también en otras especies de la familia Asteraceae y otras plantas ubicadas en los andes venezolanos y poder realizar comparaciones entre los estudios.
- Ejecutar el análisis fitoquímico en tallos, raíces y flores de la especie *B. latifolia*, de otras especies de la familia Asteraceae y otras especies encontradas en los andes venezolanos para la determinación de metabolitos secundarios de interés, que vayan de la mano con los encontrados en el trabajo de investigación.
- Asegurar el funcionamiento de los instrumentos como el rotavapor en el momento de los procesos de destilación, concentración y obtención de los extractos.
- Hacer constante revisión de las temperaturas adecuadas de cada solvente durante los procesos de extracción y concentración de los extractos.
- Certificar la calidad y la calibración de las balanzas analíticas durante los procesos de pesadas y así evitar errores.
- Contar con los instrumentos, equipos, material de vidrio y reactivos necesarios para el trabajo de laboratorio; que se encuentren en óptimas condiciones para evitar el error sistemático y aleatorio.

- Realizar controles de calidad a los reactivos, instrumentos, equipos y solventes utilizados en el trabajo de laboratorio mediante pruebas químicas, físicas y cuidados que disminuyan el error al momento de realizar las extracciones, pruebas y lecturas.
- Tomar en cuenta las fluctuaciones de energía eléctrica que pueden causar inestabilidad durante las mediciones, lo que puede afectar la precisión y la exactitud de las lecturas en equipos ópticos.
- Llevar a cabo los procesos y métodos analíticos en los tiempos que estos requieren, evitando así contaminación o degradación de las muestras que puedan generar errores o resultados inconclusos en los análisis preliminares y definitivos.
- Fomentar el trabajo interdisciplinario en los departamentos y laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis.
- Garantizar que los estudiantes se involucren activamente en cada una de las fases durante el desarrollo del trabajo de grado.
- Se recomienda estudiar otras actividades biológicas que pueda presentar el extracto, tales como, antifúngicas, antimicrobianas, antiparasitarias, antioxidantes, antialérgicas, antiinflamatorias, entre otras.

REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS

- Aguirre, Z., Jaramillo, N. y Quizhpe, W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Editorial: EDILOJA Cía. Ltd. Loja, Ecuador. Pp: 208-211.
- Alfaro, J., Carvajal, V., Galván, F., y Venegas, S. (2018). *Determinación del Factor de Protección Solar (FPS) mediante espectrofotometría UV*. [Tesis de pre-grado]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arias, F. (2006) El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 5ta edición. Caracas, Venezuela. Editorial Episteme.
- Battle, C. (2005). Factor de protección solar. Criterios de elección de un fotoprotector. *Offarms*. Vol. 24 (6): 65-72.
- Benito, A. y De La Cruz F. (2019). *Actividad antioxidante y antimicrobiana in vitro de los extractos de Schkuhria pinnata y Baccharis latifolia*. [Tesis de pre-grado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Asgari, B., Hadian, J. y Astatkie, T. (2022). Applications of Essential Oils and Plant Extracts in Different Industries. *Molecules*. Vol. 27 (8): 1-17.
- Buitrago, A., Rojas, J. y Torres, L. (2022). Antioxidant activity and solar protection factor of two *Vismia* species collected from Venezuelan Andean. *Revista Ciencia e Ingeniería*. Vol. 43(1): 33-40.
- Calle, A., Curi-Borda, C., Gutierrez, C., Salcedo, L., Flores, Y. y Almanza G. (2023). Cuantificación y estudios de fotoprotección in vitro de compuestos fenólicos de *Baccharis papillosa* Rusby. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*. Vol. 11(1), 33-46.

- Camacho, M., Ramos, D., Ávila, N., Sánchez E. y López, S. (2020). Las defensas físico-químicas de las plantas y su efecto en la alimentación de los rumiantes. *Terra Latinoamericana Número Especial*. Vol.38 (2): 443-453.
- Camones, M., Tomas, G., Malla, J., Muñoz, A., García, R., Quispe, G., Palomino, C. y Taype, E. (2014). Actividad antioxidante y fotoprotectora *In Vitro* de una loción y gel elaborados con extracto estabilizado de camu camu (*Myrciaria dubia kunth*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*. Vol. 80(1): 65-77.
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades. (28 de junio de 2021). *Especiales de Salud Ambiental: Radiación UV*. Consultado el 18 de marzo de 2023. Extraído de: <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/radiacionuv/index.html>.
- Domínguez A. (1990). Phytochemistry Methods Frontiers. *Revista Latinoamericana de Química. First Special Supplement*. Vol. 1(3):1-15.
- Drago, M., López, M. y Sáinz, T. (2006) Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. Vol. 37(4): 58-68.
- Enríquez, S., Quispe, R., Amurrio, P., Peñaranda, A., Calle, V., Orsag, V. y Almanza, G. (2018). Contenidos flavonocidos en las hojas de *Baccharis latifolia*, según el tipo de hoja, y su dependencia de las propiedades fisicoquímicas de los suelos. *Revista Boliviana de Química*. Vol. 35(5): 152-160.
- García, A., y Pérez, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca*. Vol 2(3):119-145.

- Garcia, P. (2011). Evaluación de las propiedades acaricidas de *Piper crassinervium* Kunth, *Piper aequale* Vahl. (Piperaceae) sobre larvas de *Rhipicephalus* (Boophilus). Palmira – 2011. [Trabajo de grado de Maestría] Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuaria. Palmira, Colombia.
- Gasaly, N., Riveros, K. y Gotteland, M. (2020). Fitoquímicos: una nueva clase de prebióticos. *Revista Chilena de Nutrición*. Vol. 47(2): 317-327.
- González, F. y Bravo, L. (2017). Estudio botánico y farmacéutico de productos con aplicación en cosmética y cuidado de la piel. *Ars Pharmaceutica*. Vol. 58(4): 175-191.
- Gonzales, M., Villena, G. y Kitazono, 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*. Vol 3(1) 2-11.
- Hailun, H., Li, A., Li, S., Tang, J., Li, L. y Xiong, I. (2022). Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection factor (SPF). *Biomedicine & Pharmacotherapy*. Vol. 132(5): 2-11.
- Hendrik, C. (1808). *Synopsis plantarum*. Editorial: Parisiis Lutetiorum, C.F. París, Francia. Pp: 423-424.
- Hernández, J., Zaragoza, A., López, G., Peláez, A., Olmedo, A. y Rivero, N., (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: Enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico Veterinario*. Vol. 8(1): 14–27.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista P. (2010). *Metodología de la investigación*. 6ta Ed. Editorial Mc Graw Hill. Chile.
- Hurtado J. (2012) Diseño de investigación. *Metodología de la investigación, guía para la comprensión holística de la ciencia*. 4ta. Editorial Quirón. Bogotá, Colombia.

- Isla, M.; Pérez, A.; Obregón, Y.; Aparicio, R.; Cordero, Y.; Díaz, C.; Isla, J.; Chacón, C.; Fernandez, J. y Rojas, L. (2020). Perfil fitoquímico, actividad biológica y fotoprotectora de las flores de *Aldama dentata* La Llave et Lex. *Revista de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis*. Vol. 62(Edición Especial): 04-14.
- Liu, H. (2011). *Extraction and Isolation of Compounds from Herbal Medicines in 'Traditional Herbal Medicine Research Methods'*. Editorial John Wiley and Sons, Inc. Nueva Jersey, Estados Unidos.
- Lock, D. (1988). *Investigación Fitoquímica: Métodos en el estudio de productos naturales*. Pontificia Universidad Católica del Perú. S/P.
- Loja, B., Alvarado, A., Salazar, A., Ramos, E. y Jurado B. (2017). Cribado fitoquímico del *Baccharis latifolia* (R&P.) Pers. (chilca). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. Vol. 22(1): 1-7.
- Marco, J. (2006). *Química de los productos naturales*. Editorial Síntesis. Madrid, España. Pp: 11-17.
- Martínez A. (2005). *Flavonoides*. Medellín. Colombia. [Tesis de doctorado]. Universidad de Antioquía. Facultad de Química Farmacéutica. Medellín, Colombia.
- Martínez, A., Valencia, G. y Jiménez, M. (2004). *Manual de prácticas de laboratorio de farmacognosia y fitoquímica*. Departamento de Farmacia. Universidad de Antioquía, Medellín. Colombia.
- Monroy, E. y Ramon, V. (2015). Análisis fitoquímico y evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante de la especie vegetal "*Baccharis latifolia*". [Tesis de pre-grado]. Universidad Distrital Francisco José Decaldas. Bogotá, Colombia.

- Morejón, F., Tigre, A., Rivelino, R. y Yanez, 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*. Vol. 12(2): 78-84.
- Muñiz, J., Tovar, E., Jiménez, M., Gutiérrez, M. y Ramírez, J. (2022). Mezclas de extractos biológicos con capacidad fotoprotectora. *Jovenes en la ciencia*. Vol. 16(1): 1-11.
- Navarro, A. y De La Cruz, F. (2019). Actividad antioxidante y antimicrobiana in vitro de los extractos de *Schkuhria pinnata* y *Baccharis latifolia*, Lima – 2019. [Tesis de pre-grado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Noriega, P., Idrobo, T., Pintag, M., Vinueza, D. y Larenas, C. (2023). Actividad antiinflamatoria *in vivo* de una formulación tópica con principios activos de aceites esenciales de *Cannabis sativa* (Cáñamo) y *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav) per. (Chilca). *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 37(1):23-33.
- Olivas, F., Wall, A., González, G., López J., Álvarez, E., De La Rosa, L. y Ramos, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímicos, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*. Vol. 31(1), 55–66.
- Olvera, G., Cuevas, G. y Carrillo, M. (2017). Análisis Fitoquímico: Una herramienta para develar el potencial biológico y farmacológico de las plantas. *TLATEMOANI - Revista Académica de Investigación*. Vol: 5(24): 71-86.
- Palella, S., y Martins, F. (2017). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. 4ta Ediciones de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.

- Palomino O. (2001) *Métodos analíticos para la identificación de Plantas Medicinales*. Apuntes del Curso de la Asociación Española de Farmacéuticos de la Industria (AEFI). Madrid. España.
- Parra, D., Castro, M. y Aponte, Y. (2016). *Marcha Fitoquímica Preliminar*. Corporación Tecnológica de Bogotá. Tecnología en Regencia de Farmacia. Quinto Semestre, Bogotá D.C. Colombia.
- Peñaranda, J., Rodrigo, G., Ticona-Bustillos, A., Valenzuela, E., Ramos, S., San Martín, A., Ghezz, F. y Almanza, G. (2020). Variación en la concentración de flavonoides y clorofila, y cambios en la morfología y anatomía foliar, debidos a radiación visible (PAR) o ultravioleta (UVA, UVB) en *Baccharis latifolia*. *Revista Boliviana de Química*. Vol. 37(5): 210-222.
- Prashant, T., Bimlesh, K., Mandeep, K., Gurpreet, K. y Harleen, K. (2011). Phytochemical Screening and Extraction: a Review. *Internationale Pharmaceutica Scientia*. Vol. 1(1): 98-106.
- Ramírez, J., Gómez, B. y Gasca, J. (2017). Análisis de la absorbancia y transmitancia espectral del mucílago de *Salvia hispanica L.* para la Fotoprotección de la piel. *De la salud*. Vol. 4(10), 13-22.
- Robinson, J. (1991). Polyketide synthase complexes: their structure and function in antibiotic biosynthesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*. Vol. 332(1263):107-114.
- Rojas, J. (2019). *Los productos naturales y sus beneficios para el ser humano*. Ponencia presentada durante la incorporación como miembro correspondiente estatal de la Academia de Mérida, Mérida, (Venezuela).

- Romani, R. (2019). Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante del extracto atomizado de las hojas de *Mutisia mathewsii* Hook & Arn. “chinchilcuma”, Ayacucho - 2018. [Tesis de pre-grado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Sakkaravarthi, V. (2022). History of sunscreen. *Cosmoderma*. Vol. 2(16): 1-3.
- Sandoval, M. (2021). Análisis de las características fitoquímicas, propiedades farmacológicas, usos y aplicaciones más comunes de la Chilca (*Baccharis latifolia*) en el Ecuador [Tesis de pre-grado]. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Schalka S. (2013). Nuevos parámetros en fotoprotección. *Medicina Cutánea Ibero-Latinoamericana*. Vol. 41(2):81-94.
- Shyamala-Gowri, V. (2010) Phytochemical screening and antibacterial activity of *Syzygiumcumini* (L.) (Myrtaceae) leaves extracts. *Pharmtech Res*. Vol. 2(6): 1569-1570.
- Silva, J. (2022). Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del eneldo (*Anethum graveolens*) en función del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante. Latacunga – 2022. [Tesis de Post-grado]. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- Thompson M. (1858). *Naturally occuring quinones*. 2da edición. Editorial Academic Press. Nueva York, Estados Unidos.
- Tropicos, Missouri Botanical Garden. (16 de marzo de 2023). *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. <http://legacy.tropicos.org/Name/2700275>
- Trease, G. y Evans, W. (2002). *Pharmacognosy*. 15a edición. Editorial Saunders Publishers. Londres, Inglaterra.

VanPool, C. (2019). Ancient medicinal plants of South America. *PNAS*. Vol. 116(23): 11087–11089.

Vera, A. y Manzaba, M. (2019). Efecto de la relación pulpa - mucílago de melón amargo (*Momordica charantia*) en la concentración final de una leche fermentada. [Tesis de pre-grado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.

Vera, Liliana. (2022). Actualización en fotoprotección. *Revista "Cuadernos"*. Vol. 63(1): 64-75.

Vitale M. Fotoprotección: Conceptos básicos. Actualización. *Dermatología Peruana*. Vol. 12(2): 149-154.

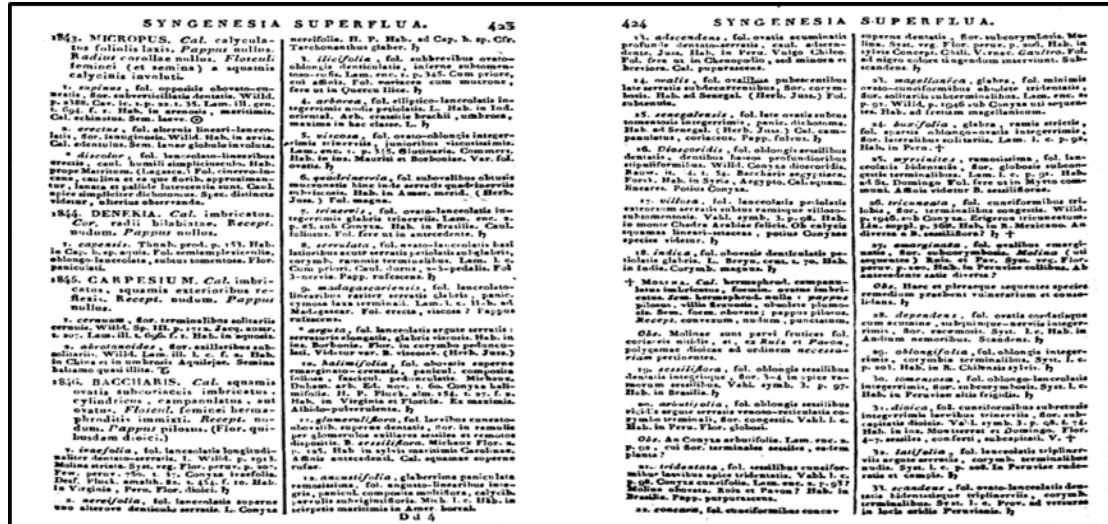
Yangmyung, M. (2020). History of sunscreen: An updated view. *Journal of Cosmetic Dermatology*. Vol. 21(2):1044-1049.

www.bdigital.ula.ve

ANEXOS

www.bdigital.ula.ve

Anexo 1. Páginas 423 y 424 del *Synopsis Plantarum* de 1808 donde se hace referencia al género *Baccharis* y la especie *B. latifolia* por primera vez en la literatura.



Fuente: Elaborado por Pérez y Terán, 2024.

Anexo 2. Flores y hojas de *B. latifolia*.



Fuente: Hidalgo, 2019.

Anexo 3. Mapa de distribución potencial de la especie *B. latifolia*.



Fuente: Imagen libre derechos de autor, 2024.

Anexo 4: Salida de campo realizada en noviembre de 2023.



Fuente: Pérez y Terán, 2024.

Anexo 5. GPS GARMIN modelo Legend “H eTrex”



Fuente: Pérez y Terán, 2024.

www.bdigital.ula.ve

Anexo 6. Espectrofotómetro marca Shimadzu modelo UV-160 A



Fuente: Pérez y Terán, 2024.