

DETERMINACIÓN MEDIANTE GC-MS DE LOS MONOTERPENOIDES MAYORITARIOS
PRESENTES EN EL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE *Chenopodium ambrosioides*
PROCEDENTE DEL MUNICIPIO DE CUASPUD CARLOSAMA– NARIÑO.

Ricardo Julián Portilla Reyes y Greis Daniela Yela Inguilán

Programa de Licenciatura en Química, Facultad de Educación, Universidad CESMAG

Nota del Autor

El presente trabajo de grado tiene como propósito cumplir el requisito exigido para optar el título de pregrado como Licenciados en Química de la Universidad CESMAG.

La correspondencia referente a este trabajo debe dirigirse al programa de Licenciatura en

Química de la Universidad CESMAG. Correo electrónico: lic.quimica@unicesmag.edu.co

DETERMINACIÓN MEDIANTE GC-MS DE LOS MONOTERPENOIDES MAYORITARIOS
PRESENTES EN EL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE *Chenopodium ambrosioides*
PROCEDENTE DEL MUNICIPIO DE CUASPUD CARLOSAMA – NARIÑO.

Ricardo Julián Portilla Reyes y Greis Daniela Yela Inguilán

Programa de Licenciatura en Química, Facultad de Educación, Universidad CESMAG

Asesor: Mg Luis Felipe Arturo Perdomo

Pasto, mayo de 2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, mayo de 2024

NOTA DE EXCLUSIÓN

El pensamiento que se expresa en este trabajo de grado es de exclusiva responsabilidad de sus autores y no compromete la ideología de la Universidad CESMAG.

Dedicatoria

En primera instancia le agradezco a Dios por la sabiduría, la fortaleza, la salud, las bendiciones y todas las oportunidades que me ha otorgado, este logro es una manifestación de tu gracia, misericordia y amor. En segundo lugar, al pilar fundamental de este proceso y mi fuente de inagotable inspiración, mi querida tía Julia Yela, quien ha sido una luz que iluminó los momentos más desafiantes, mi mayor apoyo y es quien ha velado cada paso que he dado, he sentido su amor como una fuerza que impulsa mi camino y por eso este logro lleva consigo toda mi gratitud y el amor que siento por ella, gracias por ser mi segunda mamá, mi consejera, mi guía y sobre todo por ser mi ejemplo a seguir.

A mis padres, Edgar y Adriana, su sacrificio, dedicación y amor que han sido el fundamento de mi educación, gracias por creer en mí, ser incondicionales y por sus enseñanzas, este logro es también su triunfo. A mi hermana Maria José, tus palabras de aliento han sido un faro en los días oscuros, gracias por ser mi amiga y confidente, este trabajo lleva un pedacito de tu espíritu positivo, y a mis hermanos Mateo y Jamie por ser mi motivación y mi felicidad.

Al amor de mi vida, Jefersson, aquí no solo se encuentran logros académicos, sino también el reflejo de su amor y su apoyo incondicional, a ti te doy gracias por ser mi fortaleza, mi alegría, mi refugio, mi amigo y mi compañero en este viaje lleno de aprendizaje y crecimiento. A todos mis demás familiares y amigos, cada risa compartida, cada desafío superado juntos ha sido parte integral, cada uno de ustedes ha sido un pilar fundamental en mi recorrido. Su apoyo ha sido la fuerza impulsora detrás de este logro. Gracias por ser parte esencial de este emocionante capítulo. Por último, pero no menos importante, a mis queridas mascotas, su lealtad y cariño han sido un bálsamo reconfortante en los momentos difíciles.

Con gratitud y amor.

Greis Daniela Yela Ingulán

Dedicatoria

En primer lugar, agradezco a la vida y a Dios por permitirme transcurrir el día a día adquiriendo y aprendiendo nuevos conocimientos, además de aspectos y/o cualidades que permiten el desarrollo y la sana convivencia con los otros seres humanos y con el entorno que nos rodea. Agradezco por todo aquello que ha llegado a generar cambios en el transcurso de mi vida, sobre todo porque me ha permitido aprender de mí mismo y de esa forma fortalecerme para crecer como persona y desempeñarme acertadamente en una sociedad. Por otra parte, quiero agradecer infinitamente a mis padres: Ricardo Portilla Rosales y Janeth Reyes Bernal, quienes son y han sido parte fundamental en el alcance de varios logros obtenidos durante toda mi vida, los cuales han sido capaces de llenarme de felicidad y todo gracias a ellos. Debo dejar claro que me siento feliz de tener los padres que aún tengo, los considero únicos, indispensables y sobre todo unos guerreros, gracias por brindarme apoyo incondicional siempre y por enseñarme que con sacrificio y perseverancia todo se logra. Igualmente, agradezco a todos mis familiares, abuelos, tías, tíos, primos, hermanos y todos aquellos que conforman mi núcleo familiar, puesto que cada uno contribuye poco a poco a mi bienestar. De igual manera me lleno de gratitud al recordar a mis profesores, cuyas enseñanzas han sido fundamentales en mi trayectoria académica, destacando el papel de mi asesor en este trabajo de investigación: Luis Felipe Arturo Perdomo, gracias a quien considero mis amigos y compañeros de profesión: José Cundumí Tobar, Fabio Angulo Cabezas, Sebastián Villota López, Daniela Yela Inguilán, Osman Jiménez Valencia, Ximena Delgado, Thania Montero, Alejandra Salas Andrade, Dayana García, Isabel Jojoa, por haber estado a mi lado durante los desafíos, tristezas, retos, tropiezos, pero también por celebrar los triunfos, victorias, anhelos, metas cumplidas y demás logros. A mis mejores docentes: Ana Lucia Solarte Portilla, Claudia Jaramillo Guerrero, Genny Mera Córdoba, Gladys Zambrano,

Oscar Villota Ortega, por su guía experta y sabios consejos que iluminaron mi camino.

Finalmente, agradezco a todos quienes de una u otra manera, contribuyeron a este logro.

Con gratitud y amor,

Ricardo Julián Portilla Reyes.

Agradecimientos

Expresamos nuestra más profunda gratitud a quienes tuvieron un papel importante y han sido fundamentales en nuestro trayecto como universitarios, en primer lugar, extendemos nuestro agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, ya que, en cada desafío encontramos consuelo en la fe y vimos su guía en cada paso que dimos, a él le atribuimos la inspiración y la perseverancia que nos han llevado hasta este momento. A nuestra amada Universidad CESMAG le agradecemos por ser el terreno fértil donde sembramos los sueños del conocimiento, la institución ha sido el escenario de nuestras experiencias, el lugar donde cultivamos no solo el intelecto, sino también el carácter y los valores. Agradecemos a nuestros docentes, quienes con dedicación y pasión nos han guiado en este viaje, su conocimiento compartido ha sido una luz que iluminó nuestro sendero académico y es a través de sus enseñanzas que hemos crecido no solo como estudiantes, sino como individuos.

A nuestro gran asesor, Luis Felipe Arturo Perdomo, para quien expresamos nuestra más profunda gratitud, destacando que gracias a su orientación experta y apoyo constante ha sido el pilar sobre el cual hemos construido este trabajo, puesto que cada consejo ha sido una brújula que nos ha guiado hacia la excelencia académica. Agradecemos al programa de Licenciatura en Química que nos acogió, por permitirnos explorar, aprender y crecer, el programa no solo nos proporcionó conocimientos especializados, sino también la oportunidad de aplicarlos de manera práctica; de igual manera, agradecemos de manera especial al docente Hugo Nelson Espinosa, que durante la participación en nuestro proceso mostró todo su compromiso y generosidad, su amistad, buen trato, humanidad y confianza.

En conjunto, estos agradecimientos representan no solo nuestra gratitud individual, sino la apreciación colectiva para todos aquellos que han sido parte de este viaje, cada uno de ustedes

ha contribuido a nuestra formación y este logro no habría sido posible sin el apoyo de esta comunidad educativa. Finalmente, miramos hacia adelante con gratitud en nuestros corazones y la certeza de que esta experiencia académica nos ha preparado para cumplir desafíos aún mayores.

Muchas gracias a todos.

Ricardo Julián Portilla Reyes

Greis Daniela Yela Inguilán

Tabla de contenido

Resumen	16
Introducción	17
Objeto o Tema de investigación	19
Contextualización	21
Macro-contexto	21
Micro-contexto.....	21
Problema de investigación	23
Justificación.....	26
Objetivos	29
Objetivo General.....	29
Objetivos específicos.....	29
Línea de investigación.....	30
Metodología	31
Paradigma.....	31
Enfoque.....	32
Método.....	32
Tipo de investigación.....	33
Diseño de investigación.....	34
Población y muestra.....	34
Técnicas de recolección de información	35
Identificación y clasificación taxonómica.....	35
Recolección y conservación de las muestras	35

Método para la obtención de aceite esencial.....	36
Extracción a través de Hidrodestilación o destilación mediante vapor de agua.	36
Procedimiento de extracción.	36
Método de Identificación y Cuantificación.....	38
Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).....	38
Índice de Retención o Índice de Kovats	39
Referentes teóricos.....	41
Variables.....	41
Hipótesis.....	42
Antecedentes	42
Referente Legal.....	47
Referente teórico.....	49
Plantas y sus propiedades.....	49
Aceites esenciales	49
Características y composición química de los aceites esenciales.	50
Compuestos químicos de interés en el aceite esencial de paico	51
Consideraciones éticas y bioéticas.....	53
Análisis y Discusión de Resultados.....	54
Conclusiones.....	82
Recomendaciones	83
Referencias.....	84
Anexos.....	93

Índice de Tablas

Tabla 1. *Compuestos tentativos identificados mediante CG-MS del extracto de paico obtenido a partir de extracción Soxhlet.*

Tabla 2. *Cuantificación de los compuestos tentativos identificados mediante CG-MS.*

Tabla 3. *Información del cromatograma estándar empleado para la determinación del índice de retención de los compuestos identificados en el aceite esencial de paico.*

Tabla 4. *Compuestos tentativos identificados mediante CG-MS en el aceite esencial de C. Ambrosioides.*

Índice de figuras

- Figura 1.** *Morfología de la planta de paico, flores, semillas y hojas.*
- Figura 2.** *Temperatura máxima y mínima promedio en Carlosama.*
- Figura 3.** *Diagrama de flujo del procedimiento para la obtención del aceite esencial de C. Ambrosioides.*
- Figura 4.** *Estructuras de los principales terpenos presentes en la planta de Chenopodium ambrosioides.*
- Figura 5.** *Biogénesis del ascaridol*
- Figura 6.** *Muestra recolectada de Chenopodium ambrosioides con flores, semillas y hojas en proceso de secado.*
- Figura 7.** *Separación de la muestra en flores, semillas y hojas, y pesado para extracción*
- Figura 8.** *Extracción mediante Soxhlet*
- Figura 9.** *Balones de fondo redondo que contienen el extracto sin concentrar o purificar.*
- Figura 10.** *Montaje para el proceso de Rota evaporación.*
- Figura 11.** *Adición de los reactivos para el proceso de derivatización*
- Figura 12.** *Proceso de derivatización a temperatura constante.*
- Figura 13.** *Cromatograma 1 correspondiente al primer ensayo acerca de los compuestos químicos presentes en la planta de Chenopodium ambrosioides.*
- Figura 14.** *Cromatograma 2 correspondiente al primer ensayo acerca de los compuestos químicos presentes en la planta de Chenopodium ambrosioides.*

Figura 15. *Cromatograma 3 correspondiente al primer ensayo acerca de los compuestos químicos presentes en la planta de Chenopodium ambrosioides.*

Figura 16. *Selección y preparación de las hojas de paico para la hidrodestilación.*

Figura 17. *Medición de la cantidad (g) de hojas empleadas para la hidrodestilación.*

Figura 18. *Incorporación de la muestra en el montaje de hidrodestilación.*

Figura 19. *Montaje de Hidrodestilación.*

Figura 20. *Baños de la fracción no fenólica con Hexano.*

Figura 21. *Separación de fases tras baños de hexano de la fase no fenólica.*

Figura 22. *Control de pH luego de los baños de Hexano de la fracción no fenólica.*

Figura 23. *Depósitos de aceite esencial obtenidos de las fracciones fenólicas y no fenólicas.*

Figura 24. *Cromatograma correspondiente a la parte fenólica de la muestra de aceite esencial de Chenopodium ambrosioides.*

Figura 25. *Cromatograma estándar empleado para la determinación del índice de retención de los compuestos identificados en el aceite esencial de paico y la concentración.*

Figura 26. *Espectro de masas del ascaridol.*

Figura 27. *Espectro de masas del ascaridol de la base de datos NIST.*

Figura 28. *Esquema de fragmentación del ascaridol por impacto electrónico.*

Índice de Anexos

Anexo 1. *Identificación taxonómica del *Chenopodium ambrosioides*.*

Anexo 2. *Espectro de masas del compuesto: 3,3-Dimetil-2-hexanona.*

Anexo 3. *Espectro de masas del compuesto: 3,4-Epoxi-2-hexanona.*

Anexo 4. *Espectro de masas del compuesto: Limoneno.*

Anexo 5. *Espectro de masas del compuesto: Tridecanol.*

Anexo 6. *Espectro de masas del compuesto: Octadecanol.*

Anexo 7. *Espectro de masas del compuesto: trans-p-Menta-2,8-dien-1-ol*

Anexo 8. *Espectro de masas del compuesto: cis-p-Menta-2,8-dien-1-ol*

Anexo 9. *Espectro de masas del compuesto: 6-metil-biciclo[3.3.0]oct-2-en-7-ona*

Anexo 10. *Espectro de masas del compuesto: Isocarveol*

Anexo 11. *Espectro de masas del compuesto: 2-(2-metilidoptopildien)ciclohexanona*

Anexo 12. *Espectro de masas del compuesto: 1-p-Menten-9-al*

Anexo 13. *Espectro de masas del compuesto: cis-Carveol*

Anexo 14. *Espectro de masas del compuesto: trans-Carveol*

Anexo 15. *Espectro de masas del compuesto: trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol*

Anexo 16. *Espectro de masas del compuesto: Carvol*

Anexo 17. *Materiales para la hidrodestilación.*

Resumen

El presente estudio acerca de la determinación de los compuestos químicos mayoritarios presentes en el aceite esencial de las hojas de la planta de *Chenopodium ambrosioides*, del municipio de Carlosama – Nariño se llevó a cabo con el fin de ampliar acerca del conocimiento científico de esta planta en la región. Dentro del estudio se evidenciaron resultados positivos en cuanto a la identificación y cuantificación de monoterpenoides mayoritarios puesto que estos representan un alto porcentaje del aceite esencial de paico y entre ellos se destaca la presencia de compuestos importantes como *cis* y *trans*-p-Menta-2,8-dienol, carvol, isocarveol, *cis*-carveol, *trans*-carveol, limoneno y ascaridol, los cuales son reconocidos por sus propiedades antihelmínticas, antiinflamatorias, antimicrobianas, neuro moduladoras y antioxidantes. El presente estudio emplea el paradigma positivista, bajo el método de investigación científica de tipo descriptivo, para lo cual se seleccionaron 20 plantas de paico silvestres, identificadas y recolectadas cuidadosamente, las cuales se usaron para obtener un aceite esencial por medio del método de hidrodestilación, luego su fracción fenólica se concentró mediante rota-evaporación y finalmente se determinó mediante GC-MS (EI) los compuestos presentes en el aceite esencial. Se concluyó que el modelo de investigación y análisis planteado en este estudio resulta una importante fuente de información científica acerca de los compuestos químicos de interés presentes en las diferentes plantas con usos tradicionales en Nariño – Colombia, y se recomienda efectuar el análisis de las moléculas presentes en los aceites esenciales a través del conjunto de técnicas y tecnologías innovadoras como RMN, AFM, HPLC, además de pruebas de laboratorio *in vitro* con el fin de determinar estos compuestos.

Palabras clave: *Chenopodium ambrosioides*, GC-MS, hidrodestilación, monoterpenoides, impacto regional, ascaridol.

Introducción

Colombia es un pluriétnico, multicultural y biodiverso, está rodeado por una flora y fauna impresionante, puesto que al ser un país tropical y poseer condiciones geográficas singulares en sus diferentes regiones cuenta con una gran cantidad de especies y ecosistemas, además de recursos naturales que lo convierten en un territorio megadiverso y atractivo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022, p.6). Los seres humanos a través de la historia se han relacionado con las plantas presentes en su entorno buscando siempre un beneficio; en Colombia, esta práctica tiene sus raíces en la herencia cultural, gracias al legado e interacción entre diversas culturas (indígenas, africanas y europeas) que han empleado las plantas con fines rituales, medicinales y gastronómicos (Restrepo, 2011, p.4). El *Chenopodium ambrosioides*, más conocido como paico no es la excepción y es una planta aromática que se caracteriza por sus propiedades antihelmínticas y antiparasitarias, las cuales están relacionadas con la presencia de compuestos químicos que resultan variables en cuanto a su concentración, de ahí la importancia de caracterizarlos (Oliveros, 2016).

Los aceites esenciales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles y de carácter aromático que se pueden encontrar en una gran variedad de plantas, resaltando que su concentración en la materia prima suele ser baja, generalmente se obtienen mediante procesos mecánicos, físicos, químicos, siendo el proceso de hidrodestilación uno de los más empleados (Villareal et al, 2018, p.14). El objetivo principal de este estudio se basa en determinar mediante análisis GC-MS los monoterpenoides mayoritarios presentes en el aceite esencial obtenido a partir de las hojas de la planta de *Chenopodium ambrosioides*, del municipio de Cuaspud Carlosama – Nariño. Para ello, en primer lugar, se propuso evaluar las condiciones óptimas para la obtención de los monoterpenoides mayoritarios o componentes de interés presentes en las

hojas de paico, luego se llevó a cabo el proceso de obtención del aceite esencial mediante un equipo de hidrodestilación y una vez obtenido el aceite se procede a identificar los monoterpenoides mayoritarios presentes en él mediante cromatografía de gases con acople a espectrometría de masas (GC-MS), finalmente se lleva a cabo la identificación y cuantificación de los compuestos de interés, en este caso ascaridol y algunos derivados monoterpenoides. El estudio tiene como propósito ampliar acerca del conocimiento científico de esta planta en las diferentes regiones de Nariño y se ha llevado a cabo de la siguiente manera, la primera parte del estudio aborda las generalidades acerca del *Chenopodium ambrosioides*, sus usos a través de la historia y la relación de sus aplicaciones con algunos de los compuestos que la planta presenta, más adelante se expone la metodología empleada en el estudio, así como el procedimiento que se llevó a cabo para la obtención del aceite esencial y la realización del análisis, donde se estudiaron los resultados obtenidos a partir de la cromatografía de gases con acople a espectrometría de masas (GC-MS). Finalmente, el estudio concluye brindando información relevante de tipo científico-académica acerca del contenido de monoterpenoides mayoritarios presentes en el aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides*, del departamento de Nariño, Colombia.

Objeto o Tema de investigación

El *Chenopodium ambrosioides* (paico) es una planta que pertenece a la familia Chenopodiaceae y generalmente se reconoce gracias a sus nombres comunes tales como hierba de santa maría, hierba hedionda, paico macho, paico oloroso, pichín, té de los jesuitas, paico, Apazote, entre otros, es una planta aromática que crece alrededor de 40 cm de altura, sus hojas son oblongo-lanceoladas y serradas, con longitud de 4 cm y 1 cm de ancho, con frutos y semillas negras (no mayores a 0,8 mm); ha sido utilizada desde la antigüedad en la medicina alternativa por sus propiedades: antihelmínticas, antibacterianas, antifúngicas, acaricidas, etc. (Jaramillo et al, 2012), las cocciones y/o infusiones de hojas, inflorescencias, y otras partes de la planta de *Chenopodium ambrosioides*, han sido utilizadas durante siglos en la medicina natural, principalmente por varias poblaciones nativas de América Latina y el Caribe, existiendo evidencia de su uso como condimento en la preparación de distintos alimentos, donde también se usaba como fuente de medicina natural; así mismo, a inicios de la primera década del siglo XX, el aceite esencial de paico era uno de los antihelmínticos de mayor distribución para consumo en humanos, perros, gatos, caballos y cerdos, pero poco a poco su uso decayó al descubrirse antihelmínticos menos tóxicos y con dosis más exactas como el albendazol, Mebendazol, Praziquantel, Piperazina, etc. (Gibson et al. 1965, como se citó en Gómez, 2008).

Los componentes principales en el aceite de *Chenopodium ambrosioides*. son en su mayoría compuestos de características monoterpénicas y sesquiterpénicas, de los cuales se destaca el compuesto químico denominado ascaridol, cuya nomenclatura IUPAC es 1-metil-4-(1-metiletil)-2,3-dioxabicyclo,oct-5-eno, siendo un compuesto terpénico que se puede encontrar en valores de hasta el 60% en el aceite esencial de paico, según (Gómez, 2008) en el aceite de paico generalmente se han identificado otros compuestos de interés en distintas concentraciones, de

los cuales se destaca la presencia de: limoneno, carvona, pineno, mirceno, alcanfor, α -terpineol, α -terpineno, etc.

Figura 1

Morfología de la planta de paico: flores, semillas y hojas



Nota. Té de los jesuitas, apasote o Jerusalén, roble *Dysphania anthelminticum*, epazote, alpazote, o paico (*Chenopodium ambrosioides*). Fuente: Stuart, G. StuartXchange (2024).

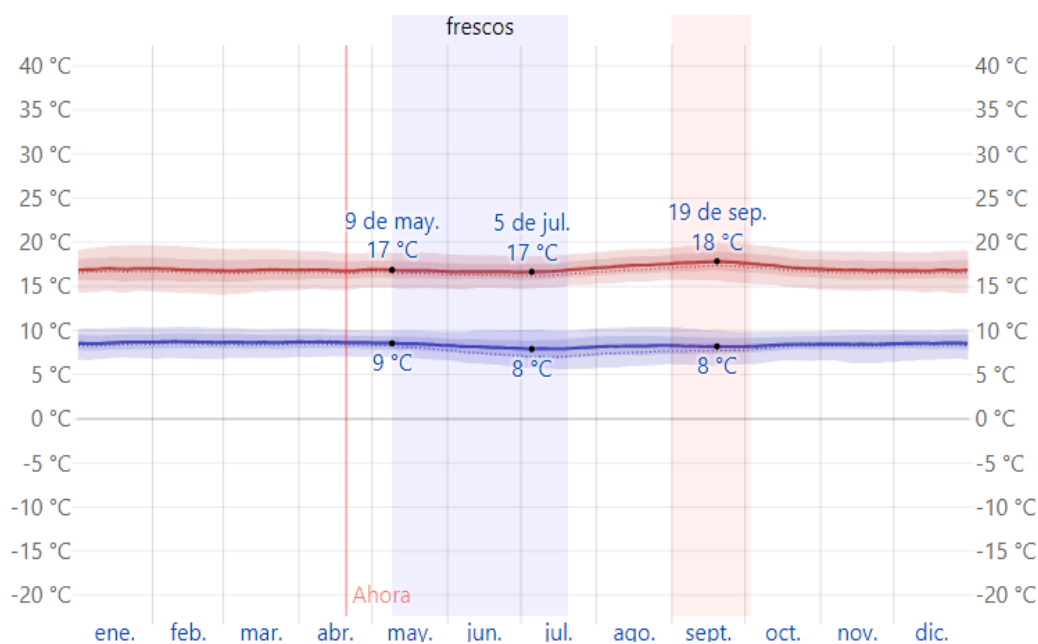
Contextualización

Macro-contexto

El municipio de Cuaspud-Carlosama, perteneciente al departamento de Nariño, ubicado al sur occidente colombiano, con coordenadas de latitud norte de $0^{\circ} 52'$ y longitud oeste de Greenwich de $77^{\circ} 44' 12''$, es un territorio andino, frío seco, y sus temperaturas rondan entre los 5°C y los 15°C , con una altitud de 3050 m sobre el nivel del mar y una superficie de 52 km^2 .

Figura 2

Temperatura máxima y mínima promedio en Carlosama.



Nota. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) con los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Temperaturas promedio. Fuente: tomado de Weatherspar.com (2024)

Micro-contexto

El corregimiento de Chavisnan, del municipio de Cuaspud-Carlosama, Nariño, es la zona en la que se encuentran ubicadas plantas endémicas y fuertemente adaptadas de *Chenopodium*

ambrosioides, conocidas popularmente como plantas de paico, las cuales pertenecen a una población silvestre. El territorio cuenta con coordenadas de ubicación que corresponden a: 0.8749169239948055, -77.75732882462769, sector en el que debidos a sus condiciones geográficas se favorece la producción de cultivos de papa, maíz, trigo, cebada, y otros.

Problema de investigación

En su estudio denominado “aceites esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero” Montoya (2010), define a los aceites esenciales como las fracciones líquidas volátiles, que se obtienen a partir de material vegetal, incluido flores, raíces, tallos, cortezas, hojas y frutos; actualmente este tipo de aceites poseen distintas aplicaciones en los campos de la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética y de perfumería, los cuales terminan siendo productos que adquieren un alto valor comercial. En Colombia, el manejo de las distintas plantas es parte fundamental de muchas culturas de los Andes y de otros territorios, pero se ha llegado a considerar que el estudio de los componentes presentes en muchas plantas “medicinales” todavía necesita ser profundizado (Angulo et al., 2012). El aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* se presenta como un líquido incoloro, de consistencia no viscosa, con sabor amargo y olor penetrante, el cual posee ciertas propiedades que se relacionan con los compuestos presentes en él, pues en un estudio acerca de la determinación de ascaridol y otros componentes, se demostró que en la planta de paico existen compuestos responsables de generar ciertos beneficios, pero al mismo tiempo producen actividad citotóxica, los cuales se encuentran en el aceite esencial hasta en un 70% y en plantas que han sido recolectadas en estadios de maduración temprana alrededor del 1%, resaltando que estas últimas generalmente muestran niveles más significativos de α -terpineno, el cual se considera como un precursor del ascaridol (Zavala et al., 2016). Además, es importante reconocer que la proporción de los compuestos químicos presentes en el paico puede variar según el origen geográfico de dicha planta (16-20 % en Argentina, 50- 60% en Guatemala; 60- 70% en Brasil) (Torres et al., 2021).

Tradicionalmente el paico ha sido empleado como purgante y antiparasitario, considerando que se deben asumir ciertas precauciones a la hora de emplear la planta como

fitofármaco, ya que la dosis efectiva está muy cercana a la dosis tóxica, puesto que se ha comprobado que el consumo de *Chenopodium ambrosioides*, puede resultar irritante para las mucosas gastrointestinales y una sobredosis puede causar efectos letales, sin embargo, su capacidad antihelmíntica es tan eficaz que a partir de esta se llevó a cabo una importante industria alrededor del llamado “Aceite de Baltimore” (Zavala et al., 2016, p. 33). Por otra parte, en investigaciones más recientes acerca de los aceites esenciales, se ha demostrado que el paico posee un efecto insecticida de contacto y un efecto fumigante debido a la volatilidad de sus compuestos, lo cual confirma lo expuesto por Estrada-Cely et al. (2014), quienes consideraban que algunos componentes del aceite esencial de paico hacen que sea posible su aprovechamiento como un insecticida de tipo biológico y ecológico, puesto que al ser compuestos volátiles y concentrados, resultan adecuados para procesos de fumigación en campo.

Desde ese punto de vista, se torna importante la necesidad de estudiar los compuestos presentes en las plantas provenientes de los distintos territorios del país, los cuales podrían terminar brindando ciertas aplicaciones en beneficio y desarrollo social (Scalvenzi et al., 2016), de acuerdo con lo anterior, dada la toxicidad de ciertos compuestos del paico y su variación porcentual de acuerdo con el origen geográfico, para esta investigación, se ha planteado identificar y determinar los monoterpenoides mayoritarios presentes en el material vegetal recolectado del municipio de Carlosama, Nariño-Colombia, para ello, este estudio parte de algunas preguntas específicas como ¿Cuál es el principal compuesto que contiene el aceite esencial de las hojas de *Chenopodium ambrosioides*? ¿Es posible determinar la concentración del compuesto activo presente en el *Chenopodium ambrosioides*? ¿Se puede estudiar el aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides*, mediante la técnica GC-MS y con ayuda de los estudios científicos disponibles? Las anteriores preguntas están orientadas con la finalidad de llevar a

cabo la presente investigación, la cual consiste en dar una respuesta a la siguiente pregunta general: ¿Qué monoterpenoides mayoritarios (compuestos químicos de interés) están presentes en el aceite esencial de las hojas de plantas endémicas de *Chenopodium ambrosioides*, recolectadas en el municipio de Carlosama del departamento de Nariño, Colombia?

Justificación

Colombia se reconoce como uno de los países más ricos del mundo en cuanto a biodiversidad y recursos naturales, lo que hace posible encontrar un gran número de especies vegetales, las cuales muchas veces favorecen de alguna manera a los seres humanos, pues en un estudio realizado por Ortiz, et al (2023) se concluyó que las plantas medicinales en Colombia son consideradas como una de las mejores opciones para el tratamiento de ciertas afecciones leves de salud, al tiempo que también son apreciadas como una alternativa segura que puede reemplazar o coadyuvar a la medicina tradicional. Así, en relación con el amplio uso de plantas medicinales en el país, se han llevado a cabo diversas estrategias para el desarrollo de la medicina complementaria, tradicional o alternativa conforme a las leyes 1438 de 2011, 1751 de 2015 y 397 de 1997, las cuales se dictaminaron con el objetivo de aportar a la salud de los colombianos en cuanto a posibles tratamientos preventivos y curativos, garantizando el derecho fundamental a la salud (Ortiz, et al., 2023, p. 1062).

La planta de *Chenopodium ambrosioides*, es rica en varios compuestos volátiles, los cuales le confieren ciertas características organolépticas (olor, sabor, etc.) y algunas propiedades químicas particulares, la mayoría de sus componentes se extraen en la elaboración del aceite esencial, haciendo uso de solventes polares y no polares y sus principales compuestos identificados son α -terpineno, carvacrol y ascaridol, los cuales son responsables del uso que se le ha dado a esta planta a través de los años, pues según (Jaramillo et al., 2012), el paico es reconocido por su actividad antihelmíntica y/o antifúngica la cual se debe a la presencia de ascaridol, uno de sus metabolitos secundarios. Lo expuesto anteriormente pone de manifiesto la importancia de reconocer y estudiar la composición química de los aceites esenciales de plantas con el fin de obtener información de calidad que permita estimar las recomendaciones necesarias

e indagar acerca de las posibles aplicaciones que se les pueden atribuir a las sustancias químicas identificadas en estos aceites. De acuerdo con lo anterior, para el presente estudio resulta interesante la determinación de los compuestos químicos presentes en el aceite esencial de paico, debido a que los metabolitos de las plantas varían porcentualmente su concentración dependiendo de ciertas condiciones, las cuales se presentan en la zona de desarrollo de la planta, así lo confirma Yepes, Buckeridge (2011), quien advierte que la concentración de metabolitos secundarios en una especie puede variar de acuerdo con las diferentes partes de la planta y al mismo tiempo puede verse influenciada por factores ecológicos, estacionales, geográficos, nutricionales, climáticos, entre otros.

La importancia de este estudio radica en que en la actualidad se está estudiando los compuestos químicos presentes en extractos o aceites esenciales de plantas, buscando posibles aplicaciones de acuerdo con las necesidades de cada contexto. En el caso del *Chenopodium ambrosioides*, pueden identificarse sustancias bioquímicas potenciales para cumplir la misma función de los plaguicidas, con la ventaja de que estas deberían presentar baja toxicidad para los mamíferos y toxicidad bastante elevada para los insectos y otros microorganismos (Jaramillo et al., 2012). En un estudio realizado por Aros, J. et al. (2019) donde buscaban evaluar la actividad insecticida del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides*, se obtuvo como resultado importante que el aceite obtenido a partir de la planta de paico presenta actividad fumigante significativa, pues en todos los tratamientos evaluados a nivel de laboratorio se logró un 100% de mortalidad en adultos de *Sitophilus zeamais*., la cual es una plaga conocida vulgarmente como gorgojo del maíz. Además, según (Vega, 2001, como se citó en Ibarra y Paredes, 2013) la dosificación a la hora de administrar productos derivados de ciertas plantas debe tener precauciones, ya que, en el caso del paico, existen ciertos componentes que pueden llegar a

considerarse citotóxicos, generando síntomas indeseados en algunos usuarios como náuseas, mareos, vómitos, lesiones hepáticas, problemas visuales, cardiacos y respiratorios, resaltando que en dosis demasiado altas puede ser incluso causa de aborto. Lo anterior refuerza la importancia de determinar los compuestos más abundantes y representativos en el aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* para generar ciertas recomendaciones basándose en la investigación y la literatura científica, además resulta importante el fortalecimiento del licenciado en química en el campo disciplinar, lo cual se puede lograr a través del manejo de investigaciones y/o experiencias de laboratorio, pues en un estudio realizado por Acuña, et al. (2021) donde buscaban evaluar el uso de los laboratorios de química para fortalecer las competencias científicas, se afirma que el docente juega un papel importante en el proceso de aplicabilidad de laboratorios que permitan asimilar aprendizajes significativos, los cuales desarrollarán las competencias investigativas propias de los hombres de ciencia.

Para ello en primera instancia, se busca evaluar las condiciones óptimas de extracción de los monoterpenoides de interés, lo cual se llevará a cabo con base en una prueba piloto y realizando los respectivos ajustes al ensayo 1, además de contar con el apoyo de la bibliografía científica disponible acerca del tema. Finalmente se pretende identificar acertadamente la presencia de los monoterpenoides, principalmente ascaridol, el cual, según Torres, et al., (2021) ha sido considerado como un compuesto importante debido a sus propiedades antihelmínticas, pues se ha comprobado que el extracto acuoso de las hojas y flores de *Chenopodium ambrosioides*, inhibe el crecimiento de bacterias como el *Staphylococcus aureus* (responsables de infecciones en la piel) y generalmente presenta actividad antiamebiana, antifúngica, antimalárica, etc.

Objetivos

Objetivo General

- Determinar mediante *GC-MS* los monoterpenoides mayoritarios presentes en el aceite esencial de las hojas de *Chenopodium ambrosioides* (paico) procedente del municipio de Cuaspud Carlosama – Nariño.

Objetivos específicos

- Evaluar las condiciones óptimas de extracción de los monoterpenoides presentes en las hojas de *Chenopodium ambrosioides* mediante el proceso de hidrodestilación.
- Identificar los componentes mayoritarios presentes en el aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* mediante *GC-MS*
- Cuantificar monoterpenoides presentes en el aceite esencial de las hojas de *Chenopodium ambrosioides* procedente del municipio de Cuaspud Carlosama – Nariño.

Línea de investigación

El grupo de investigación *Síntesis, Propiedades y Aplicaciones de los Materiales* se fundamenta en la necesidad de generar y aplicar el conocimiento relacionado con la composición, estructura y propiedades de los materiales y la aplicación de técnicas para el estudio del procesamiento, utilización y características de estos (Mera, 2020). Este grupo tiene el objetivo de solventar la necesidad de reforzar la investigación en ciencias, tanto por la frecuencia de aparición y la demanda de producción de materiales de tipo tradicional como del avanzado, para proponer aplicaciones como respuesta a las múltiples necesidades sociales, ya que se toma a las ciencias como base del desarrollo científico y tecnológico, que busca beneficiar a la comunidad académica, científica y en general. Este grupo de investigación contiene la línea de investigación *Didáctica de las Ciencias, Sustentabilidad Ambiental y Química Verde* del programa de Licenciatura en Química de la Universidad CESMAG, enfocada específicamente en la investigación pedagógica y disciplinar, y que a su vez se divide en tres sublíneas: Didáctica de las Ciencias Naturales, Sustentabilidad Ambiental y Cuidado de la Casa Común, y Química Verde y Fitoquímica, y permiten la validación de diversas propuestas, proyectos, trabajos de grado, semilleros de investigación y proyectos docentes. Este estudio se encuentra vinculado a sublínea *Química Verde y Fitoquímica* creada por el docente de tiempo completo del Luis Felipe Arturo, y que está enfocada en la extracción por métodos sostenibles, purificación e identificación de compuestos químicos de plantas, etnobotánica y química de productos naturales, explora la flora del departamento de Nariño en busca de nuevos compuestos bioactivos y valora el conocimiento ancestral de las comunidades indígenas, siendo su objetivo principal descubrir soluciones basadas en recursos naturales, promoviendo la conservación de la biodiversidad y el respeto por las tradiciones y la cultura.

Metodología

Paradigma

Esta investigación empleó el paradigma positivista, debido a que trata de sustentar la investigación científica, que busca comprobar algo por medios operables. Este tipo de investigación afirma que la realidad es absoluta y medible, donde la relación entre investigador y fenómeno de estudio debe ser controlada, puesto que no debe influir en la realización del estudio, de acuerdo con Ramos (2015), las ciencias exactas son el origen de este paradigma, por lo que únicamente es válido lo que se pueda investigar, tal como se lo hace con los átomos, las moléculas, los planetas y los invertebrados, precisamente por sus variables en expresión numérica, es decir que el saber científico se caracteriza por ser racional, objetivo, se basa en lo observable, manipulable y verificable. En ese sentido, hablar de positivismo exige sacar a flote términos como experiencia, verificación y descarte, pues mediante el principio de verificación, sólo tienen validez los conocimientos que existen ante la experiencia y observación; todo debe ser comprobado para ser válido para la ciencia, por lo que la experimentación se ha constituido como la principal forma para generar teoría formal, de lo contrario, la información sin bases científicas es considerada errónea y por tanto descartable (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Por su parte Martínez Godínez, (2013) en su artículo expone que uno de los rasgos más destacados del positivismo es su naturaleza cuantitativa y que este le permite asegurar la precisión y el rigor que requiere la ciencia, además por la susceptibilidad de medición, análisis y control experimental reduce a su objeto de estudio solo a los fenómenos observables, enfocándose primeramente en la causa de estos, De manera que está orientado hacia un esquema

metodológico de investigación que ha prevalecido por encima de otras orientaciones investigativas identificando la realidad de manera objetiva y empírica.

Enfoque

El enfoque correspondiente a este estudio es el cuantitativo, puesto que según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) la investigación de tipo cuantitativo utiliza la recopilación de información para poner a prueba o comprobar las hipótesis mediante el uso de estrategias basadas en la medición numérica, lo cual permitiría al investigador proponer patrones de comportamiento y probar los diversos fundamentos teóricos que explicarían dichos patrones, por lo tanto, el positivismo es la guía que permite que la investigación cuantitativa explique un estudio, un fenómeno o pueda comprobar una hipótesis. Así mismo, la investigación cuantitativa tiene una concepción lineal, es decir, presenta mucha claridad entre los elementos que conforman el problema a resolver, lo cual exige que se defina adecuadamente donde se inicia el problema, sus síntomas y causas. Por otra parte, también es relevante saber qué tipo de incidencia existe entre sus elementos. Palacios (2006) considera importante tener en cuenta algunas características de este enfoque, como son:

- La objetividad es la única forma de alcanzar el conocimiento, por lo que utiliza la medición controlada, intentando buscar mayor certeza.
- La teoría es el elemento fundamental de la investigación social.
- El enfoque busca la comprensión explicativa y predicativa de la realidad.
- Concepción lineal de la investigación, empleando el método Hipotético – Deductivo.

Método

La presente investigación se rige bajo el método de investigación científica, el cual está constituido por fases a través de las cuales el investigador maneja tres elementos y sus

relaciones: El problema a resolver, el objeto a investigar, y su representación (Sánchez, 2003). De esa manera, se entiende a la investigación científica como un método experimental que busca resolver hipótesis o cuestionamientos y que además relaciona el objeto a investigar, con el problema que se quiere solucionar en un contexto social determinado, este método de investigación también se denomina *empírico-analítico*, y sume la realidad como algo tangible. Es importante entender que los métodos, técnicas o procedimientos para llevar a cabo este proyecto, se desarrollarán en relación con lo que la investigación busca como objetivo principal, por tal razón el investigador debe averiguar aquello que más le compete o le interesa conocer del tema, para posteriormente desarrollar la experimentación. Ahora bien, tampoco resulta necesario que el investigador esté relacionado con su quehacer metodológico, pues los métodos a emplear en el desarrollo investigativo pueden ser muy variados. “No obstante especificar posiciones epistemológicas y metodológicas viene dado por la naturaleza misma del tipo de problema a cuya solución debe ir encaminada una metodología asociada a objetos y fenómenos sociales” (Sánchez, 2003, p.18), por lo que, resulta pertinente afirmar que se debe elegir acertada y correctamente las técnicas, procesos, instrumentos y todo tipo de estrategias o medios que ayuden a desarrollar la experimentación científica buscando la viabilidad y la efectividad.

Tipo de investigación

El presente estudio se enmarca en el tipo de investigación descriptiva, en donde se pretende explorar y medir las correspondientes variables de estudio, este tipo de investigación tiene como propósito especificar las propiedades importantes del objeto de investigación (Quijano, 2009). Lo fundamental son las características observables y verificables, es decir que no basta con presentar únicamente las características que se obtuvo a través de los métodos de recolección de datos, sino también analizar esa información con base a un marco teórico, el cual

servirá de sustento a la investigación pues según Guevara et al (2020) la investigación descriptiva es recomendable porque le corresponde a la observación cuantitativa la recopilación objetiva de datos centrados principalmente en números y valores, donde los resultados se obtienen utilizando métodos de análisis estadísticos y numéricos, ejemplo de ello son la edad, la forma, el peso, el volumen, la escala, etc., según Quijano (2009) la precisión de las medidas permiten describir mejor el objeto de estudio, permitiendo responder preguntas específicas y hasta ofrecer la posibilidad de predicciones, aunque sean rudimentarias.

Diseño de investigación

Teniendo en cuenta que esta investigación es de tipo descriptiva, el diseño de investigación se enmarca en el Diseño Transversal o Transeccional, el cual, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), tiene como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o en una población y consiste en ubicar una o diversas variables a un grupo, un objeto, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades. El diseño transversal se caracteriza por recolectar datos en momento específico, en un tiempo único y su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, por lo tanto, estos son estudios únicamente descriptivos, que establecen hipótesis también descriptivas.

Población y muestra

La población que se tiene en cuenta para este estudio corresponde a 20 plantas silvestres de *Chenopodium ambrosioides*, seleccionadas principalmente por presentar un excelente estado y buenas características organolépticas puesto que no se sometieron a ninguna condición de cultivo más que el crecimiento natural de estas, en promedio midieron 45 cm de longitud y se encontraban en etapa de producción de semilla y flor, la recolección incluyó la preservación del

tallo, hojas, flores, y semillas, es decir que únicamente se descartaron las raíces. Cabe resaltar que la parte de mayor interés para llevar a cabo este estudio corresponde a las hojas de la planta.

Técnicas de recolección de información

Identificación y clasificación taxonómica

La Taxonomía es la ciencia que estudia los principios de la clasificación de los seres vivos y comprende la identificación, nomenclatura y la clasificación de distintas especies, siguiendo una metodología establecida, donde se procede a realizar una comparación y establecer diferencias y/o caracteres comunes, para luego agrupar o separar las especies según las características previamente identificadas. La clasificación taxonómica del *Chenopodium ambrosioides*, se llevó a cabo bajo el nombre del Herbario-PSO de la Facultad de Biología, el cual presta sus servicios y se encuentra ubicado en la Universidad de Nariño, en la ciudad de Pasto (ver anexo 1).

Recolección y conservación de las muestras

La recolección de las muestras se realizó minuciosamente y con el equipo adecuado tal como: guantes, tijeras, periódico, bolsas de sellado al vacío, kit de rotulación, entre otros; al momento de seleccionar la planta se debe tener en cuenta el estado inicial y lo ideal es su preservación, por ello es recomendable la recolección de plantas que no contengan insectos y que se encuentren sanas, lo cual es fundamental para su posterior conservación. Una vez seleccionada la planta de *Chenopodium ambrosioides*, se recolectó y se llenaron los datos de la ficha de recolección de la muestra, la cual incluía datos de interés para el herbario como: lugar de recolección, fecha y hora de recolección, descripción de la muestra (color, olor,) y temperatura del día de recolección. Las muestras se conservaron a temperatura ambiente, alejadas de los rayos solares, sin refrigeración y fue necesario envolver las muestras en papel periódico con el

fin de mitigar el crecimiento de hongos a causa de la humedad, siendo este procedimiento el más recomendable por Simmons y Muñoz, (2005) en el manual de conservación, donde además advierte que una incorrecta recolección se puede ver reflejada en una pésima conservación.

Método para la obtención de aceite esencial

Extracción a través de Hidrodestilación o destilación mediante vapor de agua.

La hidrodestilación consiste en hacer pasar por la materia vegetal un flujo constante de vapor, controlando el rango o nivel de temperatura que alcanza el sistema, de modo que arrastre consigo los componentes presentes en la materia vegetal, durante el proceso, estos vapores liberados se enfrían y se condensan obteniendo como producto un líquido inmisible en agua, por tanto se pueden apreciar dos fases la orgánica y la acuosa, las cuales se pueden separar por decantación, teniendo en cuenta la diferencia de densidades entre ellas. Hay que considerar que este método puede tener variaciones y una de ellas se conoce como hidrodestilación, en la cual la muestra y el agua están en contacto directo y el vapor que pasa a través de la muestra se genera en el mismo recipiente que los contiene. (Oliveros, 2016, P.21).

Procedimiento de extracción.

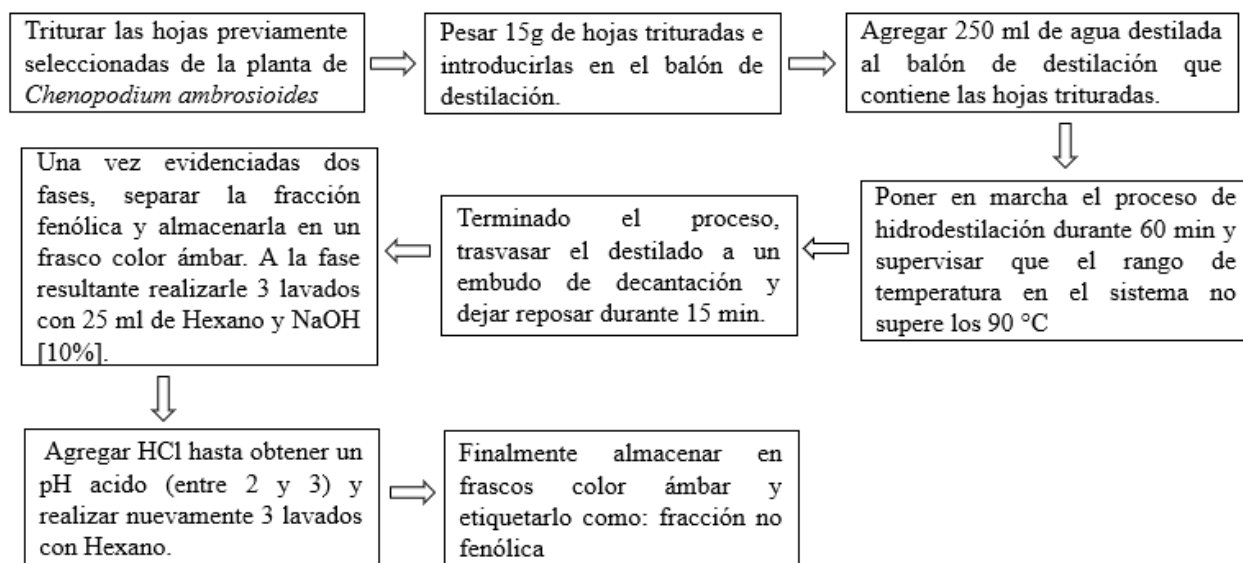
En primer lugar, es importante recalcar el uso de hojas frescas y de buena calidad con el fin de obtener buenos resultados. Una vez seleccionadas las muestras se llevó a cabo el proceso de obtención de los compuestos de interés, el procedimiento de extracción más adecuado se logró identificar gracias a los percances que ocurrieron en el ensayo 1, para lo cual se realizaron los ajustes pertinentes con base en la metodología empleada en el estudio que realizaron Dembitsky, et al (2008). Durante la preparación de las muestras, se trituró la materia vegetal seleccionada previamente, con el objetivo de aumentar la superficie de contacto al momento en que la materia prima interactúe con el disolvente, en este caso agua destilada, la cual favorece la

separación y liberación de compuestos volátiles y aromáticos. La cantidad de muestra que se introdujo en el balón de fondo redondo con desprendimiento lateral tuvo una masa de aproximadamente 15 g a los cuales se les agregó un volumen de agua destilada de 250 mL, posteriormente se inició el flujo de agua en el condensador y se encendió la plancha calefactora recalcando la importancia de añadir al sistema de hidrodestilación un termómetro de mercurio el cual se usa para mantener y supervisar un rango óptimo de temperatura y de esa forma lograr obtener los componentes de interés, el rango de temperatura que se manejó no fue superior a 90 grados Celsius, manteniendo el proceso durante un tiempo de 60 min. Luego el destilado se trasvasa a un embudo de decantación y se dejó reposar durante 15 min. El aceite esencial obtenido se situó en la parte superior del embudo de decantación, debido a su valor de densidad, puesto que la fase acuosa generalmente resulta ser más densa que la mayoría de los aceites esenciales.

Una vez evidenciadas dos fases, se separa las dos fracciones, para el líquido resultante se llevó a cabo 3 lavados con volúmenes de 25 mL de hexano y se adicionaron 25 mL de Hidróxido de sodio 10%. Posteriormente, la fracción no fenólica se secó añadiendo sulfato de sodio anhidro, se acidifica con HCl hasta obtener un pH entre 2 y 3 y se llevó al embudo de decantación, donde nuevamente se hicieron 3 lavados con 25 mL de hexano con el fin de recuperar al máximo compuestos de interés. Finalmente se separaron las dos fracciones y se recolectó en viales o frascos ámbar la fracción fenólica y no fenólica del aceite esencial con el fin de continuar con el proceso de análisis mediante GC.MS.

Figura 3

Diagrama de flujo del procedimiento para la obtención del aceite esencial de C. Ambrosioides.



Nota. La figura 3 muestra el procedimiento para la obtención de monoterpenoides mayoritarios presentes en el *Chenopodium ambrosioides*. Fuente: Autoría propia.

Ecuación 1

Fórmula para el cálculo del porcentaje de rendimiento de aceite esencial.

$$\%Rendimiento = \frac{\text{masa o volumen de aceite esencial obtenido}}{\text{masa o volumen de materia prima empleada}} * 100$$

Fuente: tomado de y adaptado de Palomarez y Perdomo, (2015) p.24.

Método de Identificación y Cuantificación

Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

Un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas es un instrumento en el cual se emplean dos técnicas, la primera es cromatografía de gases, donde ocurre la separación y fragmentación de los compuestos de interés y la segunda es la espectrometría de masas, la cual se usa para identificar y cuantificar los analitos de una muestra, según Stashenko y Martínez (2011) se debe considerar la naturaleza del analito y de la matriz donde este se encuentra, puesto que esto también tiene influencia en la selectividad y correcta identificación de moléculas por parte del equipo. El cromatograma que se proporciona el método de análisis GC-MS contiene datos

fundamentales como lo son los picos, la altura significativa de cada pico, tiempo de retención, el área, el porcentaje de área y el nombre tentativo de cada compuesto identificado, lo cual depende del software y de la base de datos del equipo, así como de las condiciones que el analista crea son más pertinentes para llevar a cabo la inyección.

La ionización electrónica (EI) que se da cuando colisionan electrones con las moléculas en fase gaseosa genera iones positivos y negativos, aunque generalmente solo se utilizan los iones positivos para el análisis. La EI es un proceso que requiere energía para remover un electrón de la molécula neutra, formando así el ion molecular M^+ , además del ion molecular, la fragmentación inducida por los electrones produce una serie de iones fragmento característicos de cada compuesto, lo que permite su identificación mediante comparación con bibliotecas de espectros de masas (Stashenko y Martínez, 2009).

Índice de Retención o Índice de Kovats. Según Basantes y Trujillo (2015) Kovats propuso un sistema de índices de retención como base para la identificación tentativa de componentes en mezclas complejas, este sistema se basa en una comparación entre la posición del pico de un analito determinado con los picos correspondientes a hidrocarburos lineales, los cuales se posicionan cerca al pico del analito, eluyendo uno antes que el componente de interés y el otro después.

Ecuación 2

Fórmula para determinar el índice de retención o índice de Kovats.

$$I = 100 * (n + (N - n) * \frac{\text{Log}_{tR_x} - \text{Log}_{tR_n}}{\text{Log}_{tR_N} - \text{Log}_{tR_n}})$$

Nota. Fuente: Tomado y adaptado de Basantes y Trujillo, (2015) p.8.

Donde:

I: Índice de retención.

tR: Tiempo de retención.

N: Número de carbonos del hidrocarburo con un valor de tR inferior al de X.

n: Número de carbonos del hidrocarburo con un valor de tR superior al de X.

tRx: valor de tR del compuesto de interés.

tRN: valor de tR mayor al de tRx.

tRn: Hidrocarburo con valor de tR menor al de X

x: Compuesto al que se le quiere determinar el I.

De igual manera, es posible cuantificar la concentración de cada uno de los componentes identificados en el análisis cromatográfico del aceite esencial con la ayuda del estándar interno, para ello necesitamos conocer la concentración de éste, en este caso corresponde al C14 que tiene una concentración de 100 ppm, de igual manera un dato necesario es el área que tiene el estándar interno y el área de del compuesto al cual se le va a calcular la concentración.

Ecuación 3

Fórmula para calcular la concentración

$$\text{Concentración de } X = \frac{\text{área de } x * 100 \text{ ppm}}{\text{área del estándar interno}}$$

Nota. La unidad de la concentración de x es de ppm, siendo x el compuesto detectado del aceite esencial de paico, y para obtener el resultado en unidades de mg/g se debe realizar la debida conversión. Fuente: tomado y adaptado de Arturo (2017), p. 106.

Referentes teóricos

Variables

Variable dependiente (Y): pureza y rendimiento del aceite esencial de paico obtenido mediante hidrodestilación.

- El solvente empleado es el agua destilada, puesto que resulta apta para la correcta obtención de compuestos monoterpénicos y generalmente permite obtener aceites esenciales de buena calidad.

Variables independientes (x): Condiciones ideales para la extracción.

- Una de las condiciones más importantes en la obtención de aceite esencial es la temperatura que alcanza el equipo de hidrodestilación, ya que los puntos de ebullición propios de cada compuesto determinan el rango de temperatura al que se desea operar. Por tanto, superar los 90°C daría como resultado la obtención de un hidrolato en lugar de un aceite esencial, lo cual puede interferir con los resultados, puesto que, según Burneo (2012) el compuesto principal del *C. Ambrosioides* es el ascaridol, molécula que posee un punto de ebullición entre 37 y 40 °C y se obtiene mayoritariamente en el aceite esencial de esta planta.
- El estado de la muestra es indispensable pues puede influir considerablemente en los análisis, para ello hay que considerar ciertas características (color, olor) y procurar que la planta esté sin plagas y en correcto estado de maduración.
- El equipo adecuado juega un papel importante en el análisis de sustancias y lo ideal es que los materiales de laboratorio y los equipos para la extracción, rota evaporación y la cuantificación estén en excelente estado en cuanto a sensibilidad y calibración.

- El tiempo en que la muestra y el disolvente permanecen en contacto también se suele tener en consideración, dependiendo de la volatilidad de los analitos a estudiar.

Hipótesis

Hipótesis alternativas:

- La concentración de los principales monoterpenoides mayoritarios, especialmente el ascaridol y sus derivados encontrados en el aceite esencial de paico estará alrededor del 50%.
- El rendimiento del volumen del aceite rondará entre 7% y 10% por cada 100 g de aceite esencial en la muestra vegetal.
- Una concentración igual o inferior al 50% de ascaridol incluidos sus precursores, derivados e isómeros, posiblemente no tenga actividad notoria o significativa. Mientras que una concentración mayor al 50% posiblemente resulte con un mayor índice de toxicidad.

Hipótesis Nula:

- No se evidenció la presencia de monoterpenoides mayoritarios ni tampoco de ascaridol y/o derivados, por tanto, según la literatura científica el paico del municipio de Cuaspud Carlosama, Nariño no manifiesta ninguna propiedad antihelmíntica, plaguicida ni antiparasitaria.

Antecedentes

El estudio de las diferentes plantas, incluido el *Chenopodium ambrosioides*, se ha extendido por América Latina, esto se debe a que esta planta se desarrolla adecuadamente en esta zona; las diversas propiedades hacen que su aplicación sea diversa y se remonta desde la

antigüedad, donde se usaba como desparasitante en la medicina, plaguicida en la agricultura y como condimento en la cocina.

Matos (2011) realiza una revisión bibliográfica sobre el potencial biológico del paico, centrándose en los estudios científicos realizados para validar sus propiedades etno-medicinales y promover el uso seguro y eficaz de esta planta y su debida aplicación en el desarrollo de nuevas formas de tratamiento farmacológico. El interés por el potencial terapéutico de las plantas resurgió con fuerza, ya sea para aislar principios activos o para descubrir nuevos principios que puedan servir como “plantilla” para la síntesis de nuevos medicamentos.

Oviedo y Aikipa (2011) llevaron a cabo un estudio que tuvo como objetivo determinar y comparar la actividad antibacteriana de los extractos secos hidroalcohólicos al 70% de las Hojas de las especies vegetales Sahuinto y paico, frente a cepas de *Staphylococcus aureus*; *Streptococcus pneumoniae*; *Streptococcus pyogenes*, y a su vez se propusieron evaluar la Toxicidad por vía oral en animales de experimentación (ratones albinos). Los extractos tuvieron alto rendimiento, pero el paico tuvo uno menos con respecto al del sahuinto, de igual manera para comparar la efectividad a nivel in vitro usaron como estándar la actividad de la penicilina. En el estudio se concluyó que las dos plantas tienen potencial antibacteriano y que específicamente la del paico es moderada, además la dosis vía oral bien calculada no es tóxica, pero recomiendan hacer otro tipo de ensayos como lo son los de nivel clínico y proceder con una correcta formulación para tener en cuenta otros medios de aplicación diferentes a la vía oral, como puede ser la tópica.

Jaramillo et al. (2012) probaron los compuestos bioactivos del paico en poblaciones de hongos, insectos y en un radical DPPH (difenilpicrilhidrazilo), en la primera se trabajó con el

Fusarium el cual es un hongo que provoca la enfermedad bananera, en él tuvo una tasa de mortalidad del 97,30%, en la actividad insecticida tuvo un efecto del 100% de exterminio de gorgojo, y en la actividad antioxidante del radical el porcentaje de inhibición del DPPH fue de 84,89 %, es decir que los resultados fueron excelentes y el aceite esencial de paico puede ser optativo para reemplazar productos sintéticos contra plagas, hongos, etc., además de funcionar como antioxidante, es decir que no afecta el desarrollo de la planta.

Angulo et al. (2012) realizaron una investigación etnobotánica (estudio de las relaciones entre seres humanos y su entorno vegetal) con el objetivo de verificar el uso o empleo que se brinda a las plantas en la región andina del país colombiano. La investigación se llevó a cabo en el corregimiento de Genoy, municipio de Pasto, departamento de Nariño. La información se obtuvo mediante encuestas semiestructuradas, arrojando los siguientes resultados: se registraron 63 plantas empleadas de forma medicinal, pertenecientes a las familias: *Lamiaceae*, *Asteraceae* y *Apiaceae*, las plantas más utilizadas según la encuesta fueron cedrón (*Aloysia citriodora*), manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y orégano (*Origanum vulgare*). Reportando además que las partes mayormente empleadas de las plantas fueron las hojas (89,47%) y las flores (21,05%).

Ibarra y Paredes (2013) desarrollaron una investigación enfocada al campo fitocosmético donde las plantas sometidas a investigación son el *Chenopodium ambrosioides L.* y *Ambrosia Peruviana*, las cuales serían aprovechadas en este estudio por su actividad antibacteriana, para ello primero realizan un control de calidad de las plantas, se obtienen extractos por diferente métodos ya que los compuestos de las plantas así lo requieren, del marco se obtiene un extracto blando y del paico se obtiene un aceite esencial, los métodos de extracción son la percolación y el arrastre de vapor. Luego evaluó la efectividad de cada uno aplicando los extractos en una población de *estafilococos*, *pseudomonas* y *Escherichia coli*. cultivadas, finalmente con ayuda de

los resultados se procede a elaborar el jabón antibacteriano con cantidades determinadas y por último se evaluó la eficacia de este.

Jaimes, et al (2013) tenían como propósito buscar una dosis terapéutica de la infusión de hojas de paico para ser usadas en caninos que tengan parasitosis como nematodos; en el artículo se describe la manera de distribución de los 45 caninos seleccionados en 3 grupos iguales, los cuales resultaron positivos para la enfermedad, la manera de elaboración de la infusión y la dosificación, siendo esta última diferente para cada grupo, siendo el grupo 3 el que tenía la mayor concentración de paico en la infusión y el grupo 1 la menor. El estudio concluyó en que, debido al porcentaje de reducción de huevos de parásitos en las heces, se tiene que las pruebas fueron positivas por su efectividad sobre todo en el grupo 3, donde se administró una dosis más alta.

Existen estudios como el de Estrada-Cely et al. (2014), en donde se empleó paico como antihelmíntico en especies que estaban en cautiverio en un hogar de paso de Fauna silvestre de la Universidad de la Amazonia en el que dosificaron el producto cada 8 días empleando dosis iguales, el producto consistía en un licuado de la planta que se suministraba en el racionamiento de alimento. Los resultados mostraron que este tenía una efectividad del 100% en el control de los parásitos.

Oliveros (2016) investigó la forma de determinar el rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de paico (*Chenopodium ambrosioides*) obtenido de plantas en diferentes etapas de desarrollo a nivel laboratorio, así se propuso cultivar un lote de plantas de paico y medir sus características físicas cuantitativas y cualitativas en función del tiempo de cultivo para finalmente identificar los componentes mayoritarios en el aceite esencial, los

resultados arrojaron que las concentraciones de los compuestos dependen del tiempo de madurez.

Narváez (2017) expone en su artículo los fundamentos para emplear plantas en la medicina herbaria en el ganado, teniendo en cuenta los principios generales para la preservación y el mejoramiento de la salud, en el artículo se ubica al paico como una planta base para la elaboración de vermífugos para ganado bovino, además de mencionar su tiempo de cosecha, su acción antiespasmódica y carminativa, su efectividad a la hora de quitar molestias estomacales, su facilidad para expulsar gusanos intestinales, etc. Finalmente, al describir sus principios activos afirma que contiene del 60 % al 73% de ascaridol y lo destaca por su propiedad antihelmíntica. Adicionalmente habla sobre las maneras de preparación y dosificación, estableciendo que no existen dosis terapéuticas.

Arroyo et al. (2018) en su tesis, se planteó como objetivo evaluar la efectividad del paico en una población de terneros portadores de parásitos, el paico se preparó a partir de la dilución en 3 solventes diferentes: agua, glicerina y albendazol. Los resultados no fueron del todo favorables respecto al objetivo planteado inicialmente ya que el porcentaje de efectividad antiparasitaria fue casi nula, en el estudio tuvieron en cuenta el conteo de eritrocitos antes y después de la aplicación de dichas disoluciones, y por tanto recomiendan la concentración de los componentes del paico para una mayor efectividad.

Autores como Aros et al. (2019) elaboraron una investigación en la que evaluaron la actividad insecticida del aceite esencial de paico en cultivos de maíz contraatacando el gorgojo, cuya razón de investigación radicó en estudiar la posibilidad de obtener un insecticida diferente a los de tipo sintético, esperando que no contamine el medio ambiente, las variables que se tuvieron en cuenta fueron toxicidad por contacto y fumigación, y actividad anti alimentaria y

repelente donde se encontró que el potencial del paico es muy alto dado que su actividad no afecta el ambiente y tampoco interviene en el tiempo de germinación y producción del maíz, además de eliminar la plaga, tal y como se esperaba.

Torres et al. (2021) realizaron un estudio en Argentina, en el que analizaron el paico mediante cromatografía de gases, estableciendo la actividad del paico para infecciones, parasitosis, entre otros, lo anterior debido a que la administración de té de paico ha desencadenado principalmente intoxicaciones en niños y adultos, quienes no tuvieron en cuenta la dosificación y actividad del paico en el estudio se pretende analizar la actividad del *Chenopodium ambrosioides*, proveniente de la ciudad de Corrientes.

Galindo, A. Aguilar, D. y Páez, L. (2022) describen la morfología del paico, los metabolitos que posee, donde le atribuyen al Isopreno, al alfa-terpineno y al ascaridol las principales propiedades por las que es conocida esta planta en el campo de la medicina herbaria y menciona su uso para el tratamiento de la parasitosis en los animales, además de su manera de administración y los posibles efectos, este artículo menciona principalmente su empleo en animales bovinos en estudios sobre la aplicación in vitro contraatacando parásitos como lo son las garrapatas (una de las principales especies parasitarias con resistencia a control químico.) de manera que el efecto acaricida del paico resulta efectivo por su persistente impregnación aromática y su función controladora contra agentes patógenos.

Referente Legal

En cuanto al referente legal existen contraindicaciones en el campo médico, las cuales según publicaciones como la de la Universidad de Valparaíso (2013) habla sobre hierbas que tienen propiedades medicinales, pero que resultan letales en ciertas dosis, en este apartado incluye el testimonio de María Lujan quien es experta en plantas y afirma que: “el paico tiene

unos componentes volátiles que se degradan fácilmente, y producto de esa degradación puede producir intoxicación, cólicos, problemas neurológicos, ataxia, dificultad de respiración, lo cual es peligroso sobre todo en los niños” (Universidad de Valparaíso, 2013, p.6), sin embargo, en Colombia el paico no tiene regulación en cuanto a su consumo y manejo, puesto que también se considera una maleza de jardín y no es venenoso al contacto. Quintero et al. (2015) mencionan que no se encuentra registrado en el Vademécum Colombiano de Plantas Medicinales, pero si se hace parte del comercio como tal, de modo que este estudio es de utilidad para ampliar el conocimiento científico de ciertas plantas de la región, además, esta planta está encasillada como medicina tradicional y planta cultural, de jardín o huertas caseras. Al respecto, la OMS (2007) ha identificado cuatro estrategias relacionadas con las políticas alrededor de las medicinas tradicional, alternativa y complementaria, donde se establece que estas prácticas hacen parte de la cultura y que no pueden ser reglamentadas como prohibidas ni controladas bajo un margen de ley, dado que son parte del folclor Colombiano la constitución tiene el deber de aceptarlos según apartados como la Resolución 3131 de 1998 y el Decreto 2266 de 2004 los cuales reglamentan la vigilancia y control sanitario y la correcta publicidad de los productos Fito terapéuticos.

Bajo el marco legal de esta investigación se consideran las siguientes leyes:

Ley 1751 del 16 de febrero de 2015, por medio de la cual se garantiza y regula el derecho fundamental a la salud y se establecen sus mecanismos de protección (Ministerio de salud y protección social, 2015).

Ley 1438 del 19 de enero del año 2011, por medio de la cual se reforma el sistema general de seguridad social en salud y se dictan otras disposiciones generales (Ministerio de salud y protección social, 2011).

Ley 397 del 07 de agosto de 1997, por la cual se desarrollan los artículos 70,71,72 y demás artículos concordantes de la constitución política, además se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el ministerio de cultura y se trasladan algunas dependencias (Departamento administrativo de función pública, 1997).

Referente teórico

Plantas y sus propiedades

Algunas plantas son conocidas por sus amplios usos a través de la historia, en el caso del paico existen datos de su aprovechamiento en la gastronomía típica, la agricultura y hasta en la medicina. Los metabolitos secundarios que les proporcionan estas propiedades pueden variar su concentración de acuerdo con las características geográficas de la región y las condiciones de cultivo. El uso de estas plantas y el aprovechamiento de sus propiedades han trascendido por muchas generaciones y por eso hacen parte de culturas milenarias. En el área de la medicina alternativa algunos de sus usos son como tratamiento de heridas y golpes, analgésicos, digestivos, antirreumáticos, estomacales, antiinflamatorios, antiespasmódicos, purgantes, y muchos otros, adicional a eso se considera fundamental identificar para cada planta la dosificación más adecuada, ya que derivados de plantas muy concentrados podrían abrir paso a una intoxicación o envenenamiento. Referente al paico, Chambi y Pacheco (2017), recomiendan el consumo en infusiones, para facilitar su eliminación y conseguir un efecto más eficaz. En el caso de la agricultura, algunos de sus usos son como, plaguicida, bactericida y repelente natural.

Aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden definir como un producto obtenido a partir de una materia prima natural y de origen vegetal, que generalmente se obtiene mediante procesos mecánicos, físicos, químicos, entre otros. Siendo el proceso de hidrodestilación uno de los más

empleados, enfatizando en que se deben considerar algunas características representativas en la materia prima o en las muestras, antes de seleccionar un procedimiento que lleve a cabo una adecuada extracción. Según (Villaverde, 2018, p.14) los aceites esenciales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles y de carácter aromático que se pueden encontrar en una gran variedad de plantas, resaltando que su concentración en la materia prima suele ser muy baja.

Características y composición química de los aceites esenciales.

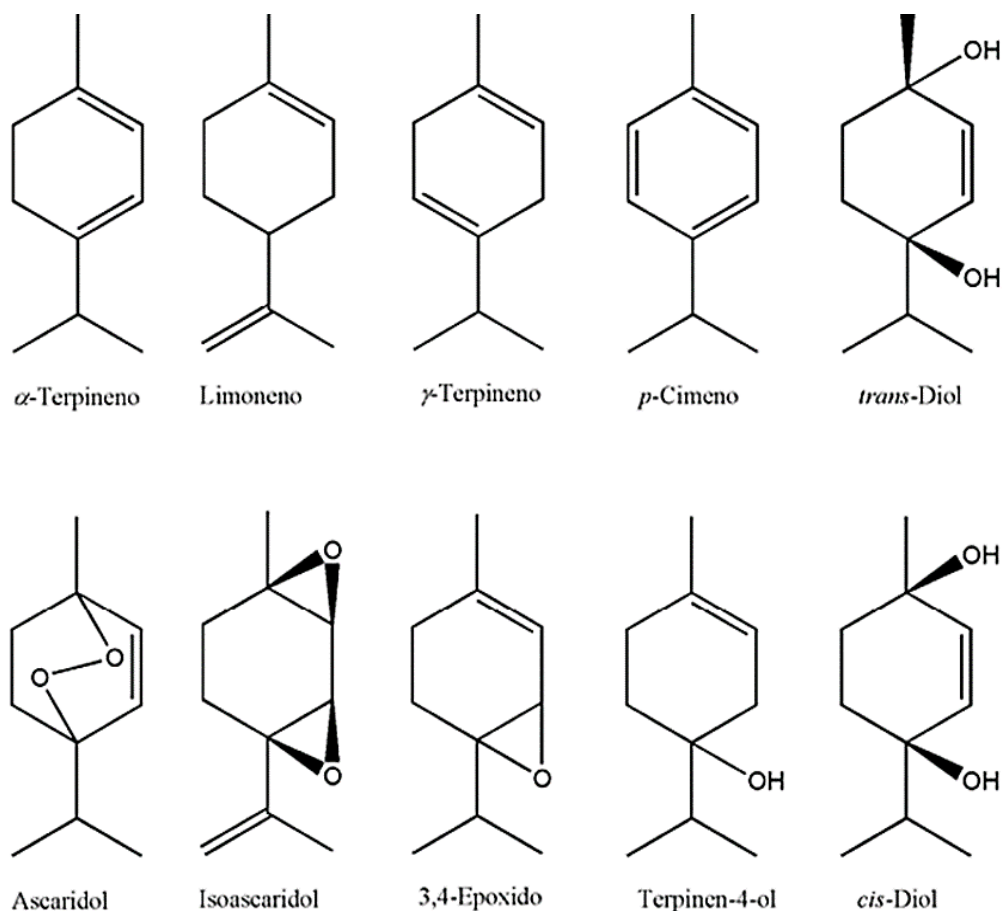
Los aceites esenciales se presentan como líquidos incoloros a temperatura ambiente, aromáticos, con valores de densidad inferiores al valor de densidad del agua (aunque existen excepciones), a diferencia de los aceites vegetales, los aceites esenciales no poseen textura grasa y sus índices de punto de ebullición generalmente están por encima del punto de ebullición del agua, además no son solubles en esta; son poco solubles en la mayoría de solventes de tipo polar, pero son solubles en alcohol y disolventes orgánicos como: cloroformo y acetona. En cuanto a su composición química, se consideran una mezcla compleja constituida en gran parte y principalmente por terpenos, los cuales son considerados como hidrocarburos orgánicos que se derivan de unidades básicas de isopreno, las cuales pueden enlazarse para formar estructuras cíclicas o lineales (Villaverde, 2018, p15). Según las unidades de isopreno (C_5H_8) que se combinan los terpenos presentes en aceites esenciales se pueden clasificar como: monoterpenos (2 unidades de isopreno combinadas: $C_{10}H_{16}$), sesquiterpenos (3 unidades de isopreno combinadas: $C_{15}H_{24}$), diterpenos (4 unidades de isopreno combinadas: $C_{20}H_{32}$) y así sucesivamente.

Compuestos químicos de interés en el aceite esencial de paico

En su tesis Chambi y Pacheco (2017) hablan de la composición química y el aceite esencial de paico, en esta manifiesta que en la planta se encuentran presentes monoterpenos, mucílagos, oxalatos, resinas, cenizas, cloruros, sulfatos, algunos ácidos como el salicílico, el tartárico o el cítrico, y en sus frutos y raíces principalmente quercetina, heterósidos triterpénicos, betaína y otros. En el aceite esencial describe algunos de los principales componentes e incluido el más relevante para este estudio, el ascaridol, sus derivados, precursores y otros terpenos de importancia y advierte que su concentración depende del tiempo cosecha, época de siembra y condiciones de cultivo.

Figura 4

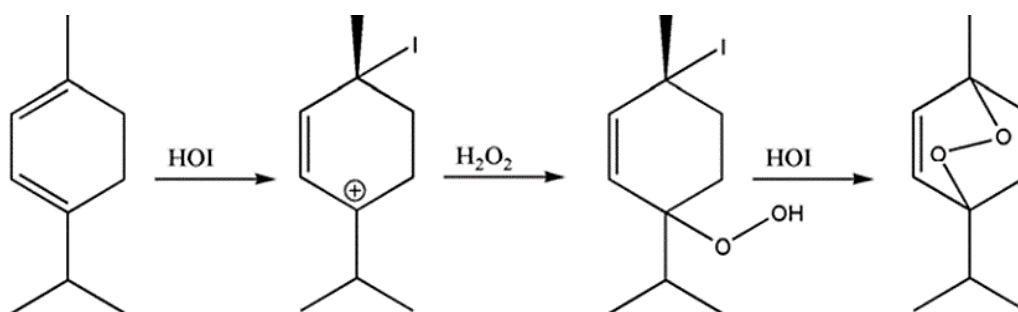
Estructuras de los principales terpenos presentes en la planta de *Chenopodium ambrosioides*.



Nota. La figura 4 representa las estructuras químicas de los terpenos presentes en la planta de paico que se han identificado en diversos estudios. Fuente: Tomado de Johnson y Croteau (1984).

Figura 5

Biogénesis del ascaridol



Fuente: Tomado de Johnson y Croteau (1984)

Consideraciones éticas y bioéticas

Con el paso del tiempo, las consideraciones éticas y bioéticas están tomando mayor relevancia en las diferentes investigaciones que se llevan a cabo, anteriormente, solo se tomaban en cuenta estas consideraciones éticas en las investigaciones que estudiaban seres vivos, incluidos seres humanos y más adelante se ampliaron a los estudios que se dedican a la experimentación con animales. Sin embargo, contemporáneamente es importante que el investigador tenga estas consideraciones éticas y bioéticas sin importar el tipo de experimentación que lleve a cabo.

Según COLCIENCIAS (2018) se considera de suma importancia el comportamiento moral y los principios éticos que tiene y/o adquiere el investigador, los cuales involucran: dar a conocer el valor social de la investigación, la calidad técnico-científica que se puede generar, y los costos-riesgos-beneficios que se llevará a cabo; en otras palabras, es conveniente que los investigadores asuman la responsabilidad del proceso y los resultados que serán obtenidos al culminar la investigación. En el caso de esta investigación, se somete a estudio una especie herbácea que no se encuentra en estado de protección y que cuya producción y estudio no significa un riesgo, además su consumo no está penalizado o regulado por la ley o alguna normativa que lo limite, lo controle o lo restrinja.

Análisis y Discusión de Resultados

Existen ciertos factores a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo un proceso analítico, entre los cuales uno de los más importantes son las características principales del analito y de la matriz que lo contiene, Palacios (2018) concluye que las operaciones a realizar para preparar y analizar la muestra pueden ser muy numerosas y diversas y van a depender del tipo de análisis implicado, del estado de agregación, naturaleza y disponibilidad de la muestra, además de la concentración y número de analitos a determinar. Entonces resulta pertinente priorizar la calidad en el análisis y, por tanto, en esta investigación se han realizado ensayos previos en cuanto a la obtención, identificación y determinación de los compuestos del *Chenopodium ambrosioides* recolectado en territorio del departamento de Nariño, se llevaron a cabo dos ensayos, en el primero se realizó la extracción de los compuestos químicos presentes en las hojas, tallos, flores y semillas del paico, para lo cual se empleó como disolvente hexano de grado analítico y se puso en contacto con la muestra mediante la técnica soxhlet durante un tiempo aproximado de 24 horas, la separación del disolvente y la concentración de los compuestos de interés se efectuó por medio de rota-evaporación para lo cual se emplearon los siguientes equipos EYELA N-1300 (rotación), EYELA SB-1300 (calefacción regulable), DryFast – WELCH (bomba de vacío).

En el primer ensayo se empleó un método de esterificación con HCl concentrado y metanol y una vez culminada la derivatización se llevó las muestras a análisis cromatográfico GC-MS, haciendo uso del siguiente equipo GVMS-QP2010 SE, con una columna SHRXI-5MS (30 m, 0,25 mm y 0,25 μ m), un analizador cuadrupolo, empleando Helio como gas de arrastre y Eicosano 1 ppm para la inyección de estándar interno.

Las siguientes imágenes muestran parte del proceso de extracción de los componentes de la planta de paico realizado en el ensayo 1

Figura 6

Muestra recolectada de Chenopodium ambrosioides con flores, semillas y hojas en proceso de secado.



Nota. La figura 6 muestra hojas, tallos, flores y semillas de paico recolectadas en el municipio de Carlosama, Nariño para llevar a cabo el primer ensayo. Fuente: Autoría propia.

Figura 7

Separación y determinación de la masa de las muestras de flores, semillas y hojas de Chenopodium Ambrosioides.



Nota. Las semillas y las flores se separaron de las hojas de la planta de paico para realizar el proceso de extracción mediante la técnica soxhlet Fuente: Autoría propia.

Figura 8

Extracción mediante Soxhlet



Nota. Puesta en marcha del montaje del sistema Soxhlet para llevar a cabo el procedimiento de extracción de compuestos presentes en la planta de paico. Fuente: Autoría propia.

Figura 9

Balones de fondo redondo que contienen el extracto sin concentrar o purificar.



Nota. Los balones de fondo redondo con capacidad de 250 ml contienen el extracto de la planta de paico obtenido mediante soxhlet; además contiene restos de hexano de grado analítico el cual se empleó como disolvente durante el proceso de extracción. Fuente: Autoría propia.

Figura 10

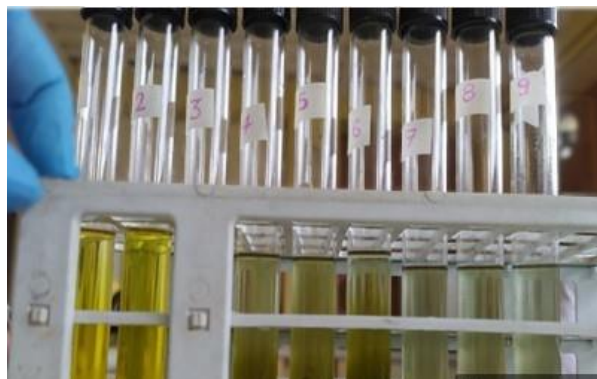
Montaje para el proceso de Rota evaporación.



Nota. La figura 10 muestra el proceso de purificación y concentración de los compuestos presentes en el extracto de la planta de paico, así como también la recuperación del solvente empleado mediante rota-evaporación. Fuente: Autoría propia.

Figura 11

Adición de los reactivos para iniciar el proceso de derivatización.



Nota. Las muestras del ensayo 1 se disponen en tubos de ensayo para llevar a cabo el proceso de derivatización a través de la adición de metanol y HCl concentrado. Fuente: Autoría propia.

Figura 12

Proceso de derivatización a temperatura constante



Nota. Después de agregados los reactivos correspondientes, los tubos de ensayo se deben depositar en un recipiente que mantenga una temperatura constante con el fin de que el proceso se desarrolle de manera eficiente. Fuente: Autoría propia.

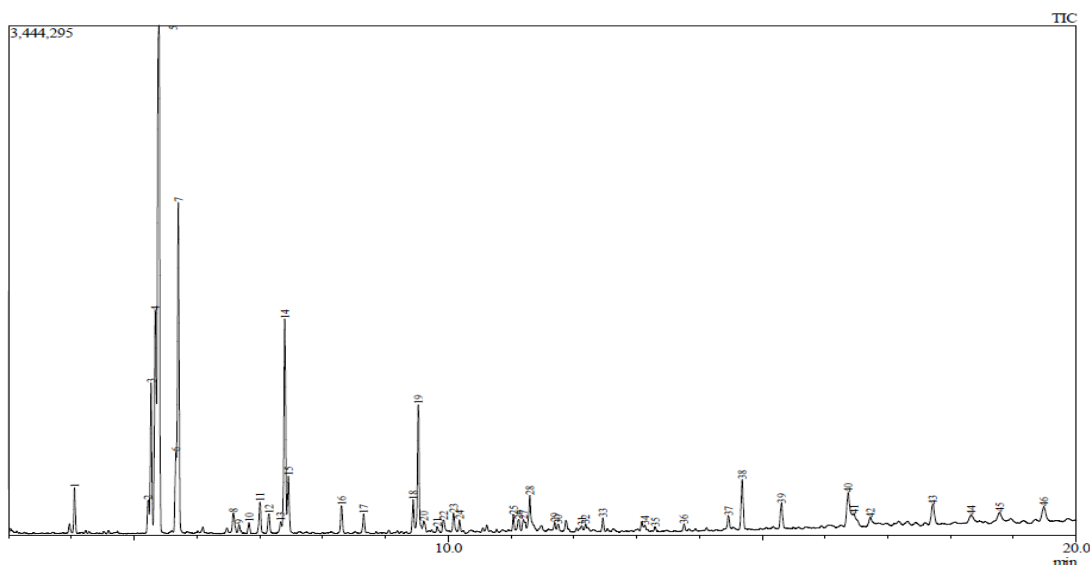
Las condiciones de inyección en el equipo fueron las siguientes: modo de inyección: Splitless, modo de control del flujo de presión a 49,5 kPa, flujo total: 14,0 mL/min, flujo en la columna 1,0 mL/min, rango de temperatura entre 250°C-300°C. La identificación tentativa de los compuestos de interés se realizó por comparación de los espectros de masas, empleando la base de datos NIST y el software del equipo de cromatografía del laboratorio de química de la Universidad Mariana de Pasto - Nariño.

Finalmente, en los cromatogramas referentes a este estudio se obtuvo como resultado gran cantidad de ácidos grasos y muy pocos compuestos que se lograron identificar como posibles terpenoides, entre los cuales están iso-carveol, d-limoneno, pineno, p-cimeno, cariofileno, además de posibles derivados como oxido-trans-limoneno, oxido-beta-pineno y

oxido-cariofileno. Lo anterior resaltando que en los cromatogramas correspondientes a este ensayo se muestran bastantes interferencias y el pico más alto (pico base) fue el mismo solvente (hexano), lo cual hace más complejo el respectivo análisis porque se obtuvieron resultados poco acertados para identificar compuestos como monoterpenoides mayoritarios.

Figura 13

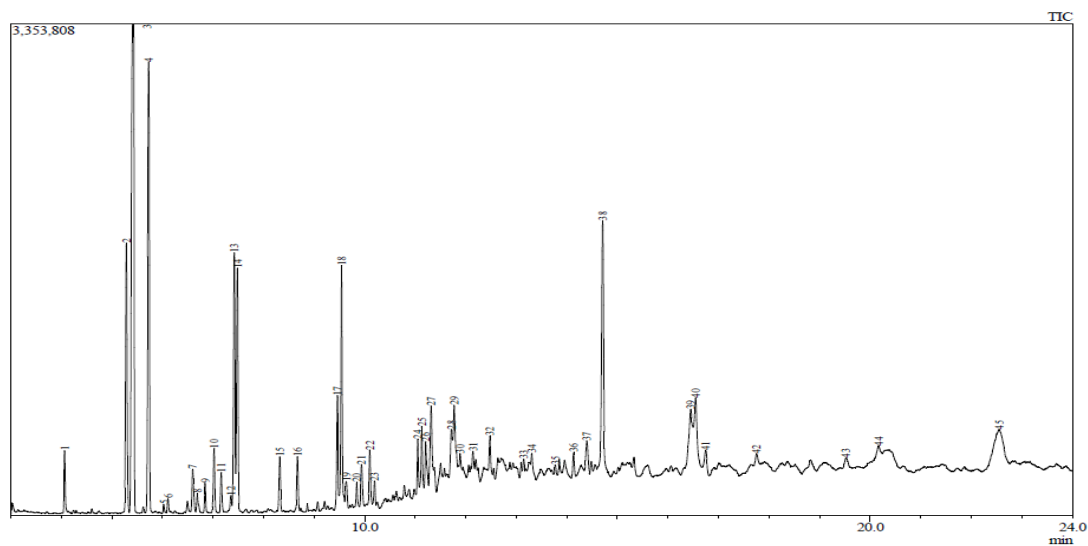
Cromatograma 1 correspondiente al primer ensayo acerca de los compuestos químicos presentes en la planta de Chenopodium ambrosioides.



Nota. El cromatograma de la figura 13 corresponde al ensayo N-1 de esta investigación donde no se obtuvieron buenos resultados en cuanto a los metabolitos de interés (monoterpenoides mayoritarios), debido a que los procesos de extracción y derivatización no resultaron adecuados para su correcta obtención e identificación. Fuente: Autoría propia.

Figura 14.

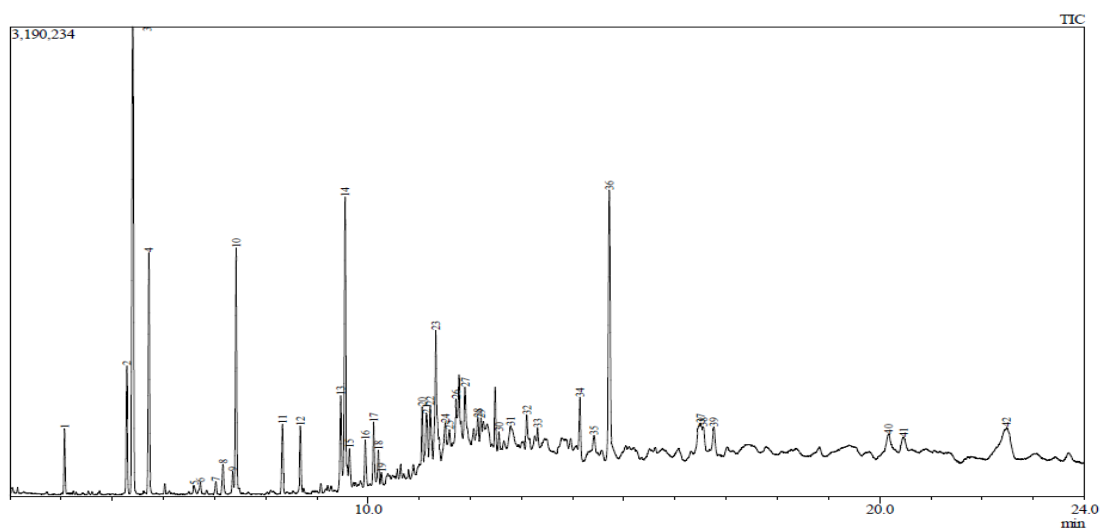
Cromatograma 2 correspondiente al primer ensayo acerca de los compuestos químicos presentes en la planta de Chenopodium ambrosioides.



Nota. El cromatograma de la figura 14 corresponde al ensayo N-1 de esta investigación donde no se obtuvieron buenos resultados en cuanto a los metabolitos de interés (monoterpenoides mayoritarios), debido a que los procesos de extracción y derivatización no resultaron adecuados para su correcta obtención e identificación. Fuente: Autoría propia.

Figura 15

*Cromatograma 3 correspondiente al primer ensayo acerca de los compuestos químicos presentes en la planta de *Chenopodium ambrosioides*.*



Nota. El cromatograma de la figura 15 corresponde al ensayo N-1 de esta investigación donde no se obtuvieron buenos resultados en cuanto a los metabolitos de interés (monoterpenoides mayoritarios), debido a que los procesos de extracción y derivatización no resultaron adecuados para su correcta obtención e identificación. Fuente: Autoría propia. Fuente: Autoría propia.

Tabla 1.

Compuestos tentativos identificados mediante CG-MS del extracto de paico obtenido a partir de extracción Soxhlet.

Extracto semillas y flores			Extracto de hojas			Extracto de hojas, semillas y flores		
<i>Área</i>	<i>Posible</i>	<i>tR (min)</i>	<i>Área</i>	<i>posible</i>	<i>tR (min)</i>	<i>Área</i>	<i>Posible</i>	<i>tR (min)</i>
(%)	<i>Compuesto</i>		(%)	<i>compuesto</i>		(%)	<i>Compuesto</i>	
11,598	m-Cimeno.	7,422	13,103	P-Cimeno.	7,421	30,971	m-Cimeno	7,399
8,865	D-Limoneno.	7,483	3,531	Óxido Trans-Limoneno.	8,677	0,934	Anisol	7,335
2,883	Óxido Trans-Limoneno.	8,673	13,581	2-isopropil-1-metoxi-4-metilbenceno.	9,549	3,739	D-Limoneno	7,456
2,474	Carvona.	10,103	1,552	Dihidrocarvona.	9,635	2,653	Artemisol	8,655
2,173	Óxido de cariofileno.	9,941	2,968	Isocarveol.	9,943	1,628	Dihidrocarvona	9,612

6,993	Óxido de Beta- Pino.	11,317	3,429	Carvona.	10,108	2,201	Óxido de Cariofileno.	9,927
			7,694	Óxido Beta- Pino.	11,324	0,753	methoxy citronellol	11,749

Nota. La tabla 1 muestra los compuestos tentativos que se lograron identificar a partir del primer ensayo, en el cual no se obtuvo resultados positivos en cuanto a monoterpenoides mayoritarios.

Fuente: Autoría propia

Con base en la experiencia obtenida a partir del primer ensayo, se llevaron a cabo los respectivos ajustes y para el segundo ensayo se propuso la obtención de los compuestos químicos de interés para este estudio, en este caso los monoterpenoides mayoritarios presentes en 15 g de hojas de paico, para lo cual se empleó como solvente agua destilada, y el proceso de obtención de aceite esencial se llevó a cabo mediante la técnica de hidrodestilación durante un tiempo aproximado de 30 minutos, posteriormente se hicieron tres lavados con hexano a la fracción no fenólica y se terminó separando las fracciones fenólica y no fenólica para disponerlas a su respectivo análisis.

Figura 16

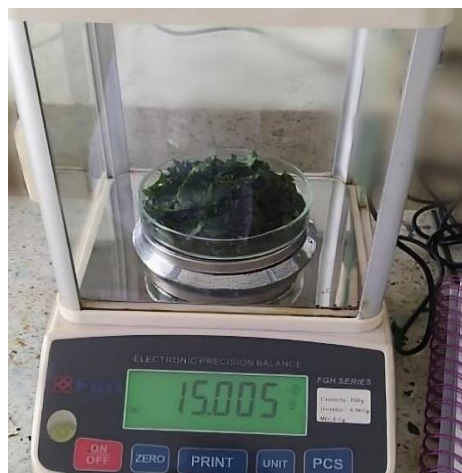
Selección y preparación de las hojas de paico para la hidrodestilación.



Nota. Hojas seleccionadas y trituradas de la muestra de *Chenopodium ambrosioides*, previamente recolectada e identificada. Fuente: Autoría propia.

Figura 17

Medición de la cantidad (g) de hojas empleadas para la hidrodestilación.



Nota. La medición de la masa de materia vegetal perteneciente a la planta de *Chenopodium ambrosioides*, se llevó a cabo en diferentes aparatos de medición confirmando una medida aproximada de 15 g. Fuente: Autoría propia.

Figura 18

Incorporación de la muestra en el montaje de hidrodestilación.



Nota. La muestra con 15 g de hojas previamente trituradas de *Chenopodium ambrosioides*, se agrega cuidadosamente al balón con desprendimiento lateral o balón de destilación y se cubre con 250 mL de agua destilada para poner en marcha el proceso de hidrodestilación. Fuente:

Autoría propia.

Figura 19

Montaje de Hidrodestilación.



Nota. En la imagen de la izquierda se evidencian las hojas de *Chenopodium ambrosioides* en contacto con el agua destilada, mientras que la imagen de la derecha muestra el montaje en funcionamiento del proceso de hidrodestilación para la obtención de aceite esencial. Fuente:

Autoría propia.

Figura 20

Baños de la fracción no fenólica con Hexano



Nota. Embudo de decantación empleado en el procedimiento para llevar a cabo los respectivos lavados con Hexano, además de la separación de las fracciones fenólica y no fenólica. Fuente: Autoría propia.

Figura 21

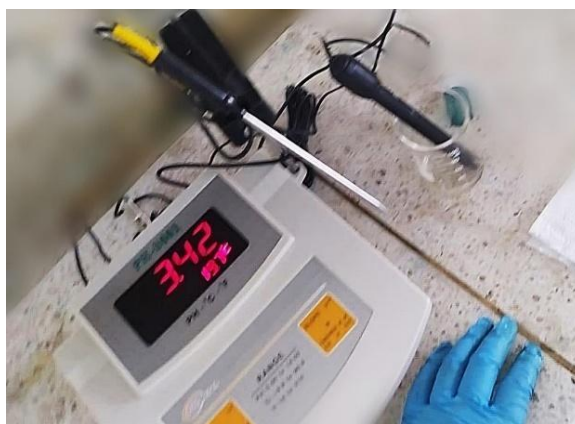
Separación de fases tras baños de hexano de la fase no fenólica.



Nota. Se llevaron a cabo tres baños con Hexano debido a que se pretende arrastrar todos los analitos de interés que se puedan encontrar en las fases fenólica y no fenólica del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides*, para más adelante efectuar su respectivo análisis cromatográfico. Fuente: Autoría propia.

Figura 22

Control de pH luego de los baños de Hexano de la fracción no fenólica.



Nota. El control de pH se realiza con el fin de conseguir un medio ácido para que las muestras se puedan conservar efectivamente para su posterior análisis, lo anterior debido a que los monoterpenoides resultan ser compuestos bastantes volátiles y pueden ocurrir pérdidas significativas en cuanto a compuestos químicos del aceite esencial durante su almacenamiento.

Fuente: Autoría propia.

Figura 23

Depósitos de aceite esencial obtenidos de las fracciones fenólicas y no fenólicas.



Nota. Para el correcto almacenamiento de aceite esencial se depositaron las fracciones fenólica y no fenólica en viales o frascos herméticos color ámbar, con el fin de proteger los compuestos más volátiles de factores externos y de ese modo conservar lo mejor posible las muestras obtenidas. Fuente: Autoría propia.

Una vez obtenidas las dos fracciones de aceite esencial, se procede a calcular el % de rendimiento, teniendo en cuenta la cantidad de muestra de hojas secas de *Chenopodium ambrosioides* que se empleó para la extracción y el volumen obtenido de aceite esencial, entonces se registraron los siguientes datos: masa 15 g y volumen obtenido de aceite esencial: 1,4 mL, de manera que si se reemplazan en la Ecuación 1 se tiene como resultado que el rendimiento corresponde a:

$$\%Rendimiento = \frac{\text{masa o volumen de aceite esencial obtenido}}{\text{masa o volumen de materia prima empleada}} * 100$$

$$\%Rendimiento = \frac{1,4 \text{ mL de aceite esencial de paico}}{15 \text{ g de Hojas de paico}} * 100 = 9,33\%$$

Para la cuantificación de los monoterpenoides mayoritarios presentes en el aceite esencial obtenido, se llevó a cabo el método de análisis CG-MS, pero antes de la inyección se debe concentrar los analitos en la muestra, proceso que se efectuó por medio de rota-evaporación para lo cual se emplearon los siguientes equipos *EYELA N-1300* (rotación), *EYELA SB-1300* (calefacción regulable), *DryFast – WELCH* (bomba de vacío). Para el segundo ensayo no fue necesario hacer uso de técnicas de derivatización, puesto que los analitos que se pretende evaluar en esta investigación son volátiles y de acuerdo con su naturaleza se obtienen fácilmente en el aceite esencial de la planta. El análisis GC-MS para determinar los compuestos mayoritarios se efectuó haciendo uso de un Cromatógrafo de Gases/Espectrómetro de Masas *Shimadzu* QP2010S. Columna capilar RTX-5MS (Restek; 30m x 0,25mm x 0,25µm). Modo de inyección

split. a temperatura de 250°C. Fase Móvil: Helio UAP a flujo de 1,0 mL/min. Volumen de inyección: 1.0 µL. Temperatura de la interfase 280°C. Se empleó un detector selectivo de masas QP2010S (modo *full scan 40-500 uma*). EI a 70 eV. Programación de temperatura: 40°C (5 min) hasta 250°C (10 min) a razón de 5°C/min. La identificación tentativa de los compuestos de interés se realizó por comparación de los espectros de masas, empleando la base de datos NIST y WILEY. El estándar interno fue C14 a una concentración de 100 ppm, el cual se puede evidenciar en la figura 17. La cuantificación se realizó utilizando el método de porcentaje relativo de área y los índices de retención se calcularon empleando una serie de n-alcános (Supelco, C7-C40).

En los cromatogramas referentes al segundo ensayo de este estudio se evidencian resultados positivos en cuanto a la identificación y determinación de monoterpenoides mayoritarios, destacando la presencia de compuestos importantes como *trans*-ascaridol, carvol, iso-carveol, cis-carveol, trans-carveol, trans-p-menta-1(7),8-dien-2-ol, trans-p-menta-2,8-dienol, resaltando una concentración importante del compuesto químico trans-p-menta-2,8-dienol.

Tabla 2

Cuantificación de los compuestos tentativos identificados mediante CG-MS.

N° Pico	tR (min)	I	Posible Compuesto	m/z	Área (%)	Concentración (mg/g)
1	11,884	*	3,3-Dimetil-2-hexanona	41,43,75,85	4.80	0,98
2	12,555	*	3,4-Epoxi-2-hexanona	43,57,72,85	3.54	0,72
3	15,835	1024	Limoneno	41,68,93,121	0.33	0,07
4	17,360	1072	Tridecanol	43,57,69,111	0.26	0,05

5	17,685	1076	Octadecanol	41,43,69,83	0.22	0,05
6	19,366	1125	<i>trans</i> -p-Menta-2,8-dien-1-ol	43,79,94,109,137	41.55	8,49
7	19,842	1139	<i>cis</i> -p-Menta-2,8-dien-1-ol	43,79,109,134	9.17	1,87
8	20,873	1170	6-metil-biciclo[3.3.0]oct-2-en-7-ona	39,79,93,108	2.40	0,49
9	21,646	1194	Isocarveol	41,55,91,109,134	14.60	2,98
10	21,956	1203	2-(2-metilpropildien) ciclohexanona	55,67,84,109	0.56	0,12
11	22,165	1210	1-p-Menten-9-al	43,79,94	0.47	0,10
12	22,532	1222	<i>cis</i> -Carveol	41,56,83,84	0.27	0,06
13	22,666	1226	<i>trans</i> -Carveol	41,55,84,109	1.20	0,25
14	22,985	1237	<i>trans</i> -p-Menta-1(7),8-dien-2-ol	41,55,67,109	13.26	2,71
15	23,263	1246	Carvol	39,54,82,108	4.27	0,87
16	25,142	1308	Ascaridol	43,55,71,97	3.09	0,63

Nota. La Tabla 2 muestra los compuestos tentativos identificados en el aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides*, sus tiempos de retención, concentración, porcentaje de área, relación masa-carga(m/z) y su índice de retención. Hay que destacar que para los picos 1 y 2 no se evidenciaron datos disponibles para calcular el índice de retención, ya que como se observa en el cromatograma estándar, representado en la figura 17 solo se detectaron picos de compuestos a partir de los 14 min, mientras que los picos 1 y 2 de los compuestos tentativos se detectaron en un tiempo de retención de 11,88 min y 12,55 min respectivamente. Fuente: Autoría Propia.

Las relaciones masa/carga expresadas en la tabla fueron tomadas a partir de los espectros de masa de cada uno de los compuestos (ver anexos desde el 2 hasta el 16), en cuanto a los

porcentajes de área, si tenemos en cuenta otros compuestos de interés como el Limoneno, *trans*-p-Menta-2,8-dien-1-ol, *cis*-p-Menta-2,8-dien-1-ol, Isocarveol, *cis*-Carveol, *trans*-Carveol, *trans*-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol, Carvol y ascaridol, se tiene que alrededor del 88,7% corresponde a monoterpenoides. para saber la concentración de cada uno de estos componentes en el aceite esencial fue necesario hacer los respectivos cálculos a partir de la ecuación 3 de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Concentración de ascaridol} &= \frac{\text{área del ascaridol} * 100 \text{ ppm}}{\text{área del estándar interno C14}} = \frac{2073193 * 100}{3289897} \\ &= 63,016 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ ppm} = 1 \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \text{ o } \frac{1 \text{ mg}}{1000 \text{ g}}$$

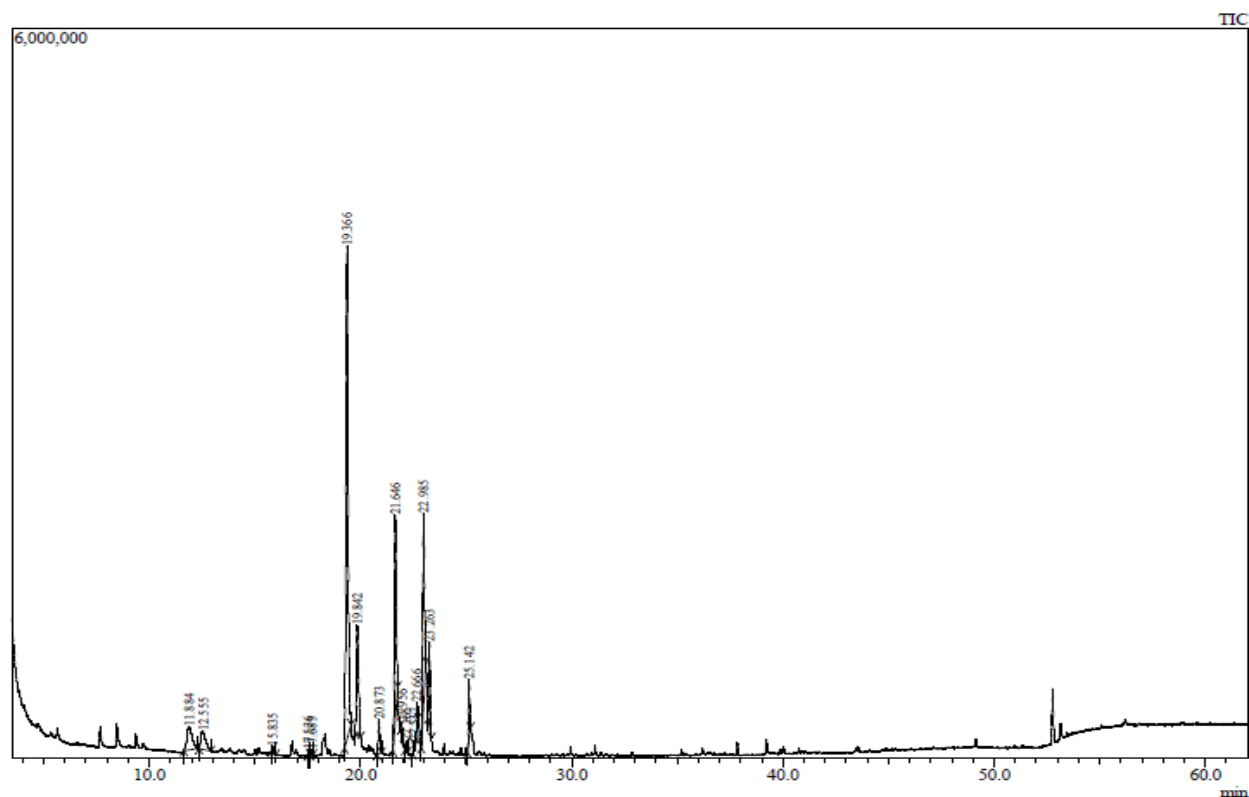
Siendo la concentración del estándar interno C14 es de 100 ppm, entonces tenemos que la equivalencia y la concentración del ascaridol sería la siguiente:

$$\frac{100 \text{ mg}}{1000 \text{ g}} \text{ o } \frac{1 \text{ mg}}{100 \text{ g}} \qquad \frac{63,016 \text{ mg}}{100 \text{ g}} = 0,63 \frac{\text{mg}}{\text{g}}$$

Obteniendo que la concentración para el compuesto químico ascaridol corresponde a 0,63 mg/g en el aceite esencial obtenido en esta investigación, de igual manera se calculó para los demás compuestos tentativos.

Figura 24

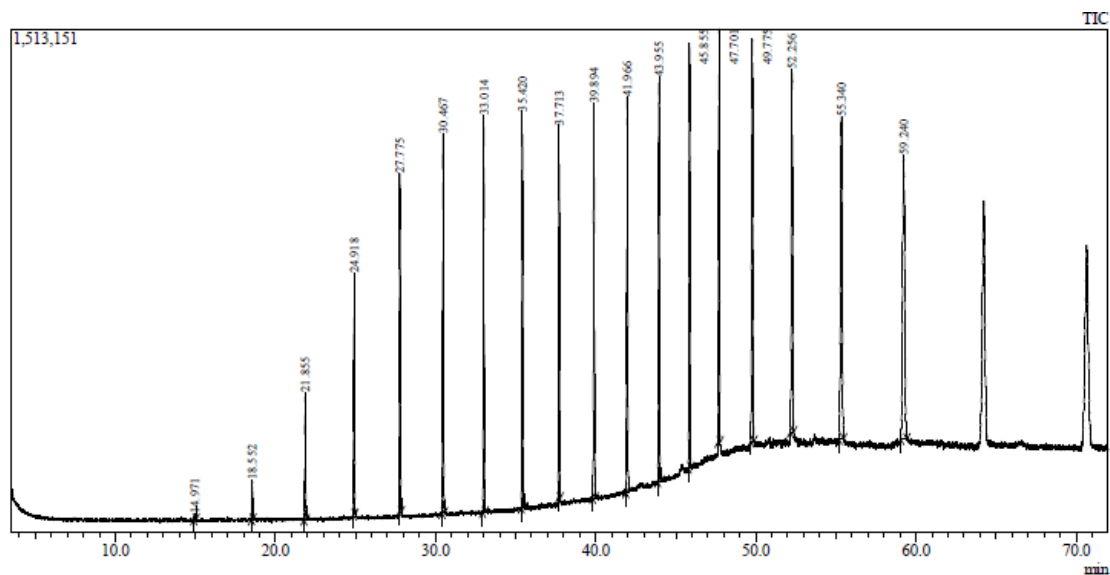
Cromatograma correspondiente a la parte fenólica de la muestra de aceite esencial de Chenopodium ambrosioides.



Nota. En la figura 16 se muestra el ion molecular perteneciente al compuesto químico ascaridol, y su tiempo de retención en el cromatograma tiene un valor de 25,142. Así mismo se evidencia el pico base con la mayor intensidad detectada entre los picos del cromatograma, el cual pertenece al compuesto químico trans-p-menta-2,8-dienol, con un tiempo de retención de 19.366. Fuente: Autoría propia.

Figura 25

Cromatograma estándar empleado para la determinación del índice de retención de los compuestos identificados en el aceite esencial de paico.



Nota. El cromatograma muestra el pico correspondiente al estándar C14 cuya concentración fue de 100 ppm y cuyo tiempo de retención fue de 27.775. Fuente: Cromatograma proporcionado por el laboratorio de análisis.

Tabla 3

Información del cromatograma estándar empleado para la determinación del índice de retención de los compuestos identificados en el aceite esencial de paico.

n° pico	rT	Área	Área %	N° de Carbonos
1	14,971	35671	0.05	C10
2	18,552	367567	0.52	C11
3	21,855	1216915	1.71	C12
4	24,918	2321691	3.27	C13
5	27,775	3289897	4.63	C14
6	30,467	3810744	5.36	C15
7	33,014	4048525	5.70	C16

8	35,420	4018280	5.66	C17
9	37,713	3997329	5.63	C18
10	39,894	4152102	5.84	C19
11	41,966	4349776	6.12	C20
12	43,955	4398878	6.19	C21
13	45,855	4512273	6.35	C22
14	47,701	4663937	6.57	C23
15	49,775	5445254	7.67	C24
16	52,256	5991545	8.43	C25
17	55,340	6800922	9.57	C26
18	59,240	7617079	10.72	C27

Fuente: Cromatograma proporcionado por el laboratorio de análisis.

Respecto al índice de retención o índice de Kovats mostrado en la Tabla 2, los compuestos tentativos correspondientes a los picos 1 y 2 no muestran relación, lo cual posiblemente se debe a que los datos estándar proporcionados por el cromatograma de la figura 25 no eran adecuados, puesto que existe un valor de tiempo de retención cercano al de aquellos compuestos, pero, que si fueron adecuados para los demás compuestos tentativos y que, teniendo en cuenta la ecuación 2 (Fórmula para la determinar el índice de retención o índice de Kovats).

Para el ascaridol, el tiempo de retención que nos dispuso el cromatograma corresponde a 25,142, y teniendo en cuenta el cromatograma estándar de la figura 25 este valor se encuentra entre el cuarto pico, correspondiente a un compuesto que tiene 13 carbonos y el quinto pico, correspondiente a un compuesto que tiene 14 carbonos, y que cuyos tiempos de retención son

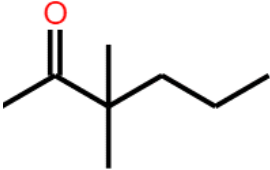
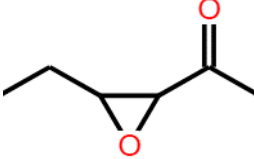
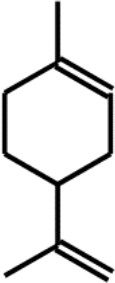
24,918 con 13 carbonos y 27,775 correspondientemente, de manera que reemplazando los datos en la fórmula tenemos que:

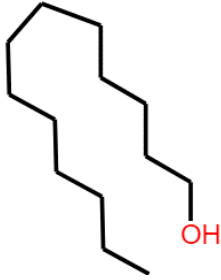
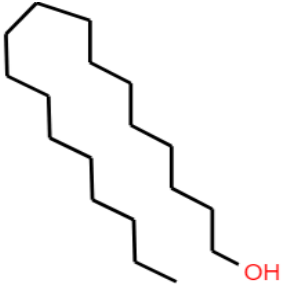
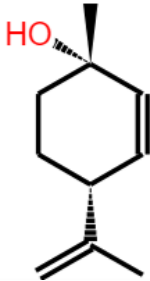
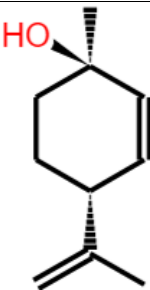
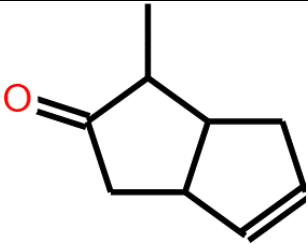
$$\begin{aligned}
 I &= 100 * (n + (N - n) * \frac{\text{Log}_{tR_x} - \text{Log}_{tR_n}}{\text{Log}_{tR_N} - \text{Log}_{tR_n}}) \\
 &= 100 * (13 + (14 - 13) * \frac{\text{Log}_{25,142} - \text{Log}_{24,918}}{\text{Log}_{27,775} - \text{Log}_{24,918}}) \\
 &= 100 * (13 + (1) * \frac{1,4 - 1,39}{1,44 - 1,39}) = 1308
 \end{aligned}$$

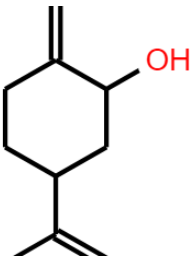
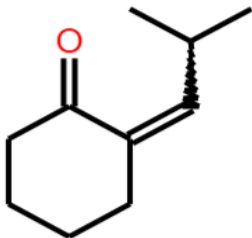
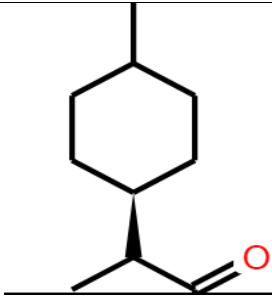
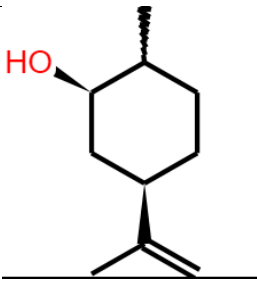
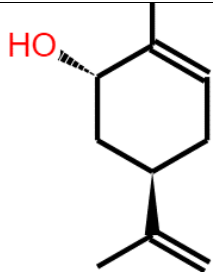
Por lo tanto, tenemos que 1308 corresponde al índice de retención o índice de Kovats del ascaridol, de igual manera se calculó para los demás compuestos tentativos.

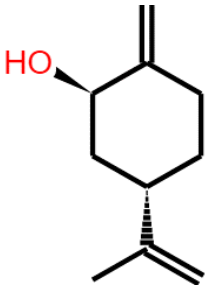
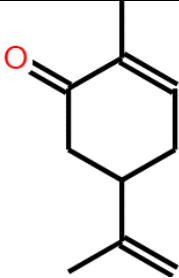
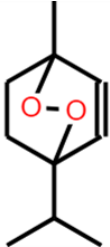
Tabla 4

Compuestos tentativos identificados mediante CG-MS en el aceite esencial de C. Ambrosioides.

Posible Compuesto	Estructura	Propiedades
3,3-Dimetil-2-hexanona		Masa molecular: 128.23 g/mol
3,4-Epoxi-2-hexanona		Masa molecular: 114,4 g/mol
Limoneno		Masa molecular: 136.24 g/mol. Vieira, et al. (2014)

Tridecanol		Masa molecular: 200.4 g/mol.
Octadecanol		Masa molecular: 271.24 g/mol.
trans-p-Menta-2,8-dien-1-ol		Masa molecular: 252.23 g/mol. Cabrera, (2017)
cis-p-Menta-2,8-dienol		Masa molecular: 252.23 g/mol. Cabrera, (2017)
6-metil-biciclo[3.3.0]oct-2-3n-7-ona		Masa molecular: 108,18 g/mol

Isocarveol		Masa molecular: 252.23 g/mol. Monte, et al. (2014)
2-(2-metilpropildien) ciclohexanona		Masa molecular:
1-p-Menten-9-al		Masa molecular: 154.24 g/mol
cis-Carveol		Masa molecular: 152,6 g/mol Crowell et al. (1992)
trans-Carveol		Masa molecular: 152,6 g/mol Crowell et al. (1992)

trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol		Masa molecular: 152,6 g/mol Cabrera, (2017)
Carvol		Masa molecular: 152 g/mol Zotti, et al. (2013)
ascaridol		Masa molecular: 168,6 g/mol Najamtai Sejekam (2024)

Nota. En la tabla 4 se muestran las estructuras de los compuestos presentes en las hojas de *Chenopodium ambrosioides* que fueron identificados mediante GC-MS. Fuente: Autoría Propia; Elaborado en: Biomodel (Sitio Web: bit.ly/molbrico).

Entre los compuestos químicos mayoritarios que fueron identificados y que son de interés para este estudio se destacan los siguientes:

ascaridol: el cual es uno de los compuestos químicos más importantes del aceite esencial de paico, pues según Najamtai Sejekam (2024) la eficacia de esta planta como antihelmíntico natural se debe al contenido de ascaridol, el cual altera el metabolismo microbiano e inhibe a la enzima mitocondrial fumarato reductasa, afectando a los microorganismos. Así mismo se advierte que las plantas de paico que contienen ascaridol en concentraciones del 60-80% actúan mejor, produciendo efectos paralizantes y narcóticos en parásitos intestinales, ya que esta planta

suele ser empleada como purgante y también como tratamiento para los cólicos menstruales y las hemorroides (Najamtai Sejekam, 2024, p. 24).

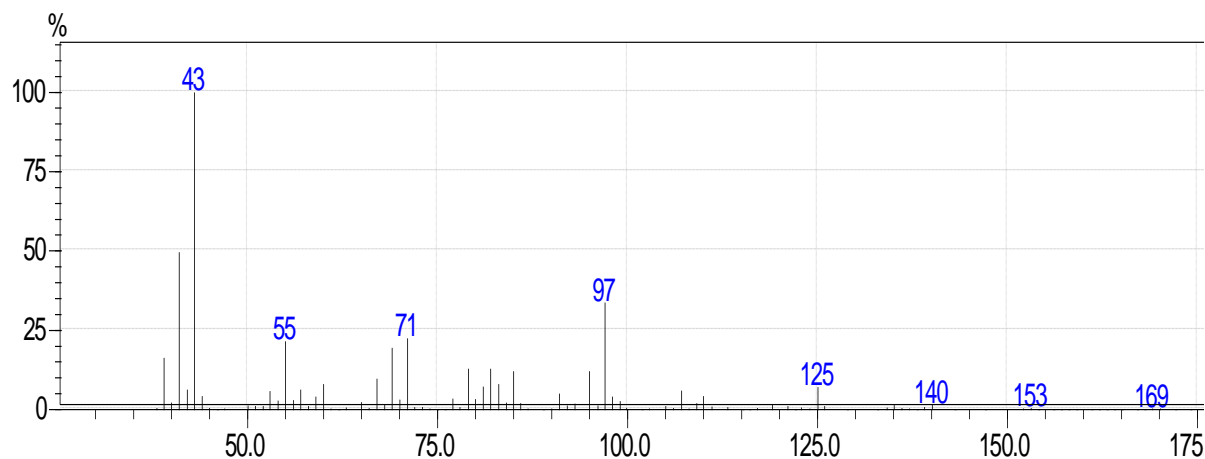
Isocarveol: Conforme a un artículo publicado por Monte, et al. (2014) donde se investigó acerca de la actividad antibacteriana de ciertos fitoquímicos entre ellos el carveol y sus isómeros, evaluando su efectividad contra dos bacterias patógenas comunes como son *Escherichia coli* y *S. Aureus*, así como para dismantelar las biopelículas formadas por estas bacterias; concluyendo en que el Carveol y sus derivados podrían tener aplicaciones terapéuticas en el futuro.

Carvol: se puede considerar como un compuesto químico relacionado con el carvacrol, el cual podría obtener un alto potencial en cuanto al desarrollo de futuros tratamientos médicos, así lo afirman Zotti, et al. (2013) quienes en primera instancia exploraron el uso histórico del carvacrol, luego se discutieron varias de propiedades biológicas incluyendo sus efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y antioxidantes, dando como resultado un papel destacado como agente neuromodulador, de ahí nace el interés de la ciencia por el estudio del carvacrol y sus derivados.

Limoneno: En un estudio describen el posible potencial del limoneno al considerarlo como una molécula química importante e innovadora, Vieira, et al. (2014) discuten principalmente la capacidad del limoneno como antioxidante, mostrando efectividad contra el estrés oxidativo, además, en el análisis de este estudio se resalta el potencial antiinflamatorio y antimicrobiano del limoneno, concluyendo en que resulta necesario reforzar las investigaciones acerca del papel de este terpeno en el tratamiento del cáncer y otras patologías.

Figura 26

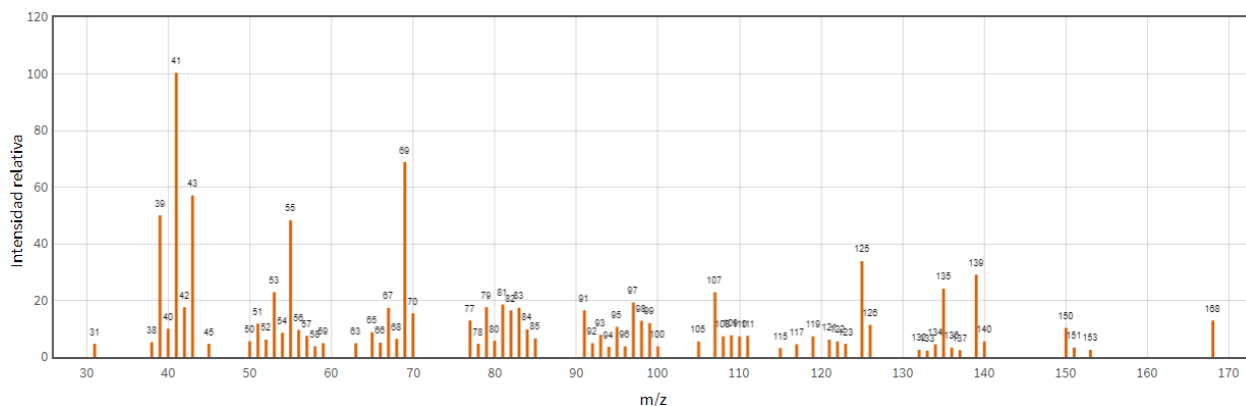
Espectro de masas del ascaridol.



Nota. El espectro de masas de la figura 26 corresponde al espectro de masas del compuesto químico ascaridol, presente en el aceite esencial obtenido a partir de las hojas de *Chenopodium ambrosioides*, del departamento de Nariño, Colombia. Fuente: Proporcionados por Laboratorio de análisis cromatográfico, Universidad de Nariño.

Figura 27

Espectro de masas del ascaridol de la base de datos NIST.



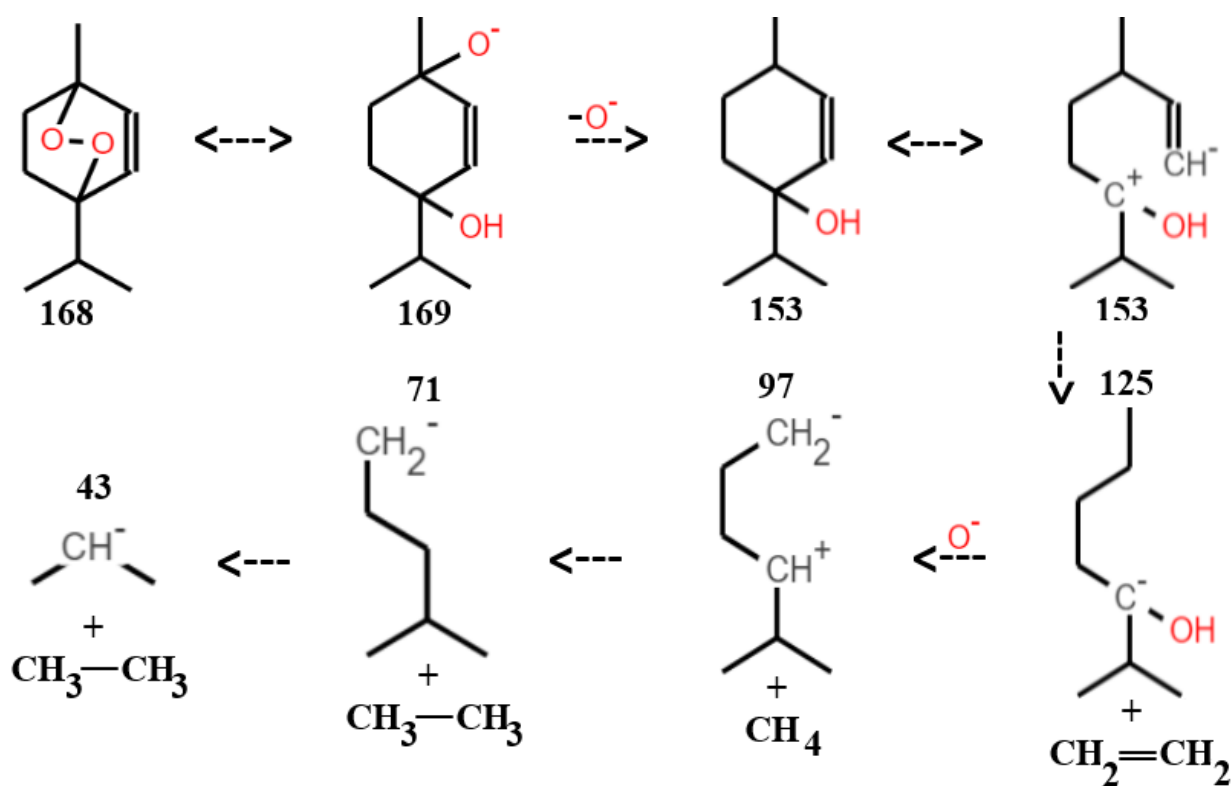
Nota. La figura 27 corresponde al espectro de masas del ascaridol. Fuente: National Institute of Standards and Technology (NIST) (s.f.) <https://www.nist.gov/>.

Los anteriores espectros de masas presentan entre sí coincidencias en los picos base de fragmentación y en los demás picos con alturas representativas, lo cual nos permiten

comparar y confirmar que sí corresponden al mismo elemento, es decir, el análisis identificó por GC-MS de manera efectiva al ascaridol como uno de los componentes del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides*. De igual manera, es posible sugerir el siguiente esquema de fragmentación por impacto electrónico a partir de la relación masa/carga (m/z) que identificamos a partir de ambos espectros, tal como se expresa en la figura 20.

Figura 28

Esquema de fragmentación del ascaridol por impacto electrónico.



Nota. La figura 28 esquematiza el orden aproximado de fraccionamiento de masas del ascaridol mediante impacto iónico. Fuente: Autoría propia.

En cuanto a los objetivos planteados para esta investigación, se evidenció que la hidrodestilación y las condiciones establecidas para este método fueron las óptimas, lo cual se logró demostrar gracias al primer ensayo, a través del cual fue posible llevar a cabo los ajustes pertinentes para mejorar en el segundo ensayo en cuanto al método de extracción y análisis de

los compuestos de interés para este estudio, además, en el análisis cromatográfico del aceite esencial se evidenció la presencia de ascaridol y la identificación de otros monoterpenoides que conformaban gran parte del aceite. Con respecto al almacenamiento del aceite esencial de paico, resulta complejo debido a que está compuesto en su mayoría por moléculas volátiles y sensibles a factores externos lo que provoca su degradación, por ende no es posible mantenerlo en su estado inicial a largo plazo, de manera que el aceite obtenido fue empleado únicamente para la determinación de monoterpenoides mediante CG-MS, por lo tanto éste estudio realiza un aporte teórico acerca de las condiciones óptimas para la obtención de monoterpenoides de plantas mediante hidrodestilación, las cuales pueden replicarse para futuras investigaciones en este campo.

Conclusiones

De acuerdo con la evidencia del primer ensayo el método de extracción soxhlet y el solvente empleado no resultaron adecuados para llevar a cabo la obtención de monoterpenoides, por lo tanto, para el segundo ensayo se cambió el método y se ajustaron las condiciones considerando la naturaleza de los analitos. De manera que la hidrodestilación como método de obtención y GC-MS para el análisis del aceite esencial de las hojas de *Chenopodium ambrosioides*, empleado en el ensayo 2 resulta apropiado para determinar los monoterpenoides mayoritarios que están presentes en él, mostrando un rendimiento del 9.33%, relacionado con el esperado en las hipótesis alternativas (7-10%).

El método de análisis mediante GC-MS resulta positivo para el análisis de monoterpenoides mayoritarios presentes en el aceite esencial obtenido de las hojas de la planta de paico, identificando compuestos significativos como *cis-p*-Menta-2,8-dienol, *trans-p*-Menta-2,8-dienol, ascaridol, Carvol, Isocarveol, Limoneno, etc.

La concentración de cada metabolito muestra que se obtuvieron valores bastantes altos, en el caso del ascaridol (un compuesto de interés) fue de 63,02 mg/g, además, la mayoría de los compuestos identificados componen aproximadamente el 88,7% del aceite esencial.

El modelo de investigación y análisis planteado en este estudio supone una importante fuente de información con bases experimentales y teóricas acerca de la determinación de compuestos mayoritarios en plantas como el *Chenopodium ambrosioides* de Cuaspud – Nariño.

Es pertinente buscar una relación entre la puesta en marcha de laboratorios y el estudio de los posibles productos que se podrían obtener aprovechando los recursos naturales presentes en el territorio, de manera que se integre el campo disciplinar con el quehacer pedagógico, en especial en una región ampliamente biodiversa como lo es el territorio Nariñense.

Recomendaciones

Teniendo en cuenta los dos ensayos realizados en este estudio se recomienda manipular el proceso de obtención de los compuestos de interés de acuerdo con los puntos de ebullición, la polaridad y otras propiedades relacionadas con la naturaleza de los analitos, pues se evidenció que el sistema de hidrodestilación no debe superar los 90°C ya que se puede obtener un hidrolato en lugar un aceite esencial.

De cara a futuros estudios se recomienda determinar la actividad biológica del aceite esencial de paico, así como la efectividad de los compuestos químicos presentes en esta planta mediante pruebas *in vivo* o *in vitro*, asimismo, se debería tener en cuenta el aislamiento y la cuantificación de estos a través del conjunto de métodos de análisis más innovadores como pueden ser Resonancia Magnética Nuclear (RMN), Microscopía de Fuerza Atómica (AFM), Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC).

En cuanto a los futuros maestros de química es recomendable fortalecer constantemente sus habilidades en los campos pedagógico y disciplinar, así como también incrementar sus competencias investigativas y científicas, lo cual se puede materializar a través de la implementación pertinente de laboratorios, que se deben planificar previamente por parte del educador considerando los recursos, los materiales disponibles, la temática abordada durante las clases, los intereses de los estudiantes y todas aquellas particularidades que pueden influir al momento de llevar a cabo una práctica experimental de laboratorio dirigida a un cierto número de individuos.

Referencias

- Acuña Aldana, L. E., Pineda Lobo, L. M., y Ruíz Polo, Y. (2021). Evaluación del uso de laboratorios de química para el fortalecimiento de las competencias científicas en estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Liceo Moderno Magangué.
- Angulo, A. F., Rosero, R. A. y González Insuasti, M. S. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia. *Universidad*
- Aros, J., Silva-Aguayo, G., Fischer, S., Figueroa, I., Rodríguez-Maciel, C., Lagunes-Tejeda, A., Castañeda-Ramírez, G., y Aguilar-Marcelino, L. (2019). *Actividad insecticida del aceite esencial del paico chenopodium ambrosioides l., sobre Sitophilus zeamais Motschulsky. Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia 35(3). 282-292.*
- Arroyo, J., y Cedeño, M. (2018). *Extracto de paico (Chenopodium ambrosioides) y su efecto antihelmíntico en terneros.* [Doctoral dissertation, Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López].
- Arturo, L. (2017). Estudio químico de los alcaloides presentes en las hojas de yerbamora (Solanum nigrum L.), originaria de los municipios de Pasto y Chachagüí (*Doctoral dissertation, Universidad de Nariño*). <https://sired.udenar.edu.co/3795/>
- Barradas, O.G. (2023). *Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (GC/MS)* – Instituto de Química Aplicada. Instituto de Química Aplicada. UV.MX. Retrieved February 23, 2024 from <https://www.uv.mx/sara/equipamiento/gcms/>
- Barrera, RD, Alarcón, EA, González, LM, Villa, AL, y Montes de Correa, C. (2008). *Síntesis de carveol, carvona, verbenol y verbenona.* Ingeniería y Competitividad, 10 (1), 43-63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291323474004>

- Basantes J. y Trujillo A. (2015). Caracterización físico-química y determinación de actividad biológica del aceite esencial de las hojas de *Renealmia thyrsoides* subespecie *thyrsoides*. [Trabajo de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9409>
- Cabrera (2017). Determinación de las propiedades físicas, composición química y evaluación de la actividad biológica del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* (paico) de la provincia de Loja. (Trabajo de Titulación de Bioquímico Farmacéutico). UTPL, Loja
- Cárdenas, T. C. (2014). *Las plantas alelopáticas*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9218>
- Cavalli, J, et al. (2004). *Combined Analysis of the Essential Oil of Chenopodium ambrosioides by GC, GC-MS and ¹³C-NMR Spectroscopy: Quantitative Determination of ascaridole, a Heat-Sensitive Compound*. DOI: 10.1002.pca.761 <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Chambi Quispe, D. L. y Pacheco Málaga, K. P. (2017). *Evaluación del Efecto Antimicrobiano In Vitro del Extracto y el Aceite Esencial de las Hojas de Chenopodium ambrosioides L. "paico" en Cepas de Staphylococcus Aureus, Staphylococcus Epidermidis, Escherichia Coli, Pseudomona Aeruginosa y Cándida Albicans* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/0fb0f475-64c0-4e5d-b5be-6f0a0ca468c7>
- Colciencias. (2017). *Política de Ética de la Investigación, Bioética e Integridad Científica. Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1501*.
- Crowell P, Kennan, W, y Haag, S. Ahmad. (1992) *Quimioprevención de la carcinogénesis mamaria mediante derivados hidroxilados de d -limoneno*, *Carcinogénesis*, vol 13, núm7, julio, p 1261–1264, <https://doi.org/10.1093/carcin/13.7.1261>

- Dembitsky, V. Shkrob, I. y Hanus, L. (2008). *ascaridole and related peroxides from the genus Chenopodium. Biomedical Papers of the Medical Faculty of Palacky University in Olomouc, 152(2).*
- Departamento Administrativo de Función Pública (1997). *Ley 397 de 1997.* 1-13
funcionpublica.gov.co/eva
- Estrada-Cely, G.E., Castaño-Piamba1, D.S., Ramírez, K.J., Rodríguez, J.A. y González, L. (2014). Estudio de la eficacia del paico (*Chenopodium ambrosioides L.*) como antihelmíntico, en especímenes silvestres mantenidos en cautiverio en el Hogar de Paso de Fauna Silvestre de la Universidad de la Amazonía. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 7(2)*, 31–36. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/2713>
- Estrada, M. y Huaman, K. (2021). *Chenopodium ambrosioides L; revisión de un amaranthaceae de interés científico.* Renati. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3308765>
- Gómez, J. R. (2008). *Epazote (Chenopodium ambrosioides).* Revisión a sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo, ascaridol. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 7(1)*, 3-9.
- Guevara, G. P., Verdesoto, A. E. y Castro, N. E. (2020). metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *recimundo, 4(3)*, 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Editorial Mc Graw Hill Education.
<https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>

- Ibarra, M. V. y Paredes, E. A. (2013). Eficacia antibacteriana in vitro de marco (*Ambrosia arborescens* Mill.) y paico (*Chenopodium ambrosioides* L.) en una formulación cosmética [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6007>
- Jaramillo, B. E., Duarte, E. y Delgado, W. (2012). *Bioactividad del aceite esencial de Chenopodium ambrosioides* colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1), 54-64.
- Jaimes L, González A, Castellanos V., y Sánchez F. (2013). Determinación de la dosis terapéutica de la infusión del Paico (*Chenopodium ambrosioides*) para el control de *Ancylostoma* spp. en caninos de la Fundación Caridad Animal. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 14 (11B), 1-6.
- Johnson, M. A. y Croteau, R. (1984). Biosynthesis of ascaridole: Iodide peroxidase-catalyzed synthesis of a monoterpene endoperoxide in soluble extracts of *Chenopodium ambrosioides* fruit. *Arch. Biochem. Biophys.*, 235(1), 254-266.
- López, H. A. (2001). *Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas*. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 54(1 y 2), 1251-1273.
- Martínez Godínez, V. L. (2013). *Paradigmas de investigación*. Manual multimedia para el desarrollo de trabajos de investigación. Una investigación desde la epistemología dialéctico-crítica. UDGVIRTUAL. Recuperado de <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/3790>
- Matos, J. (2011). *Potencial Biológico de Chenopodium ambrosioides L. (Erva-de-Santa-Maria)*. Universidade Fernando Pessoa. Repositorio Institucional. <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/2287>

Mera, J. (2020). Línea de investigación: síntesis, propiedades y aplicaciones de los materiales.

Vicerrectoría de Investigaciones, Universidad CESMAG.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2022). *Rescatando la biodiversidad colombiana*.

<https://www.minambiente.gov.co/>

Ministerio de Salud, Resolución 3131 (1998). Por la cual se adopta el Manual de Buenas

Prácticas de Manufactura de Productos Farmacéuticos con base en Recursos Naturales

Vigentes. <https://www.minsalud.gov.co/>

Ministerio de salud y protección social. (2011). *Ley 1438 de 2011*. 1-51.

<https://www.minsalud.gov.co/>

Ministerio de salud y protección social. (2015). *Ley 1751 de 2015*. 1-13.

<https://www.minsalud.gov.co/>

Monte, J., Abreu, A. C., Borges, A., Simões, L. C., & Simões, M. (2014). Antimicrobial activity of selected *phytochemicals* against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* and their biofilms. *Pathogens*, 3(2), 473-498.

Montoya, G. (2010). *Aceites esenciales una alternativa de diversificación para el eje cafetero*.

Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55532>

Najamtai Sejekam, J. (2024). Efecto antiparasitario del extracto acuoso de paico en niños de edad escolar que acuden al Centro de Salud Chipe, Imaza-Amazonas–2023. Universidad

Politécnica Amazónica.

[https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/402/Tesis_Najamtai_Sejekam_Jos% c3% a9.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/402/Tesis_Najamtai_Sejekam_Jos%c3%a9.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

- Narváez, C. F. M. (2017). *Utilización de la medicina veterinaria herbaria en ganado bovino*.
Revista de Investigaciones Agroempresariales, *Revistas SENA. Colombia*, 3, 76-87.
- National Institute of Standards and Technology (NIST) (s.f.) <https://www.nist.gov/>
- Oliveros, M. A. (2016). Determinación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de apazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) obtenidos de planta cosechada en diferentes etapas de desarrollo a nivel laboratorio. [Trabajo de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Digital.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5337/1/Mynor%20Alexander%20Oliveros%20Borrayo.pdf>
- Ortiz, C. P. (2023). Análisis de la percepción de la población colombiana sobre uso de plantas medicinales mediante procesamiento de lenguaje natural (PLN). *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, 52(2). 1058-1073. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v52n2.110755>
- Oviedo, A, y Aiquipa, K. (2011). Estudio comparativo IN VITRO de la actividad antibacteriana de los extractos secos hidroalcohólicos al 70% de las hojas de *Psidium Guajava* (Sahuinto) y *Chenopodium ambrosioides* (paico) frente a bacterias que causan infecciones de las vías respiratorias y determinación de la toxicidad aguda en animales de experimentación.
- Palacios, M. (2018). La etapa de preparación de la muestra en métodos analíticos. Depósito de investigación universidad de Sevilla. 1-36. <https://idus.us.es/handle/11441/82200>
- Palacios, R. (2006). *Investigación cualitativa y cuantitativa Diferencias y limitaciones*. ISPN.
https://www.insp.mx/images/stories/Centros/nucleo/docs/dip_lsp/cualitativa.pdf
- Palomarez B. & Perdomo D. (2015). Extracción y evaluación de rendimientos de los aceites esenciales del árbol aniba *perutilis hemsley* (comino) mediante el método de arrastre con

vapor. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3456>

Quijano, A. J. (2009). Guía de investigación cuantitativa. Editorial Universidad CESMAG.

<https://isbn.cloud/9789588439129/guia-de-investigacion-cuantitativa/>

Quintero, S. Bernal, C. Morales, A. Pardo, A. & Gamba, L. (2015). *Uso tradicional de plantas medicinales en mercados de Bogotá*, DC. Nueva, 13 (23), 73-80. Recuperado el 22 de mayo de 2024 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000100007&lng=en&tlng=es.

Ramos, C. A. (2015). *Los paradigmas de la investigación científica*. Avances en psicología, 23(1), 9-17.

Restrepo, J.J. (2011). Plantas aromáticas y medicinales enfermedades de importancia y sus usos terapéuticos – *medidas para la temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. <https://www.ica.gov.co/>

Rodríguez, L. (2019). *Práctica 6 Extracción Soxhlet*. Scribd.

<https://es.scribd.com/document/509925269/Practica-6-Extraccion-Soxhlet>

Sánchez, E. B. (2003). *La investigación científica: Teoría y metodología*. Universidad Autónoma de Zacatecas.

Scalvenzi, L., Yaguache-Camacho, B., Cabrera-Martínez, P. y Guerrini, A. (2016). *Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de Ocotea quixos (Lam.) Kosterm. y Piper aduncum L.* Bioagro, 28(1), 39-46.

Simmons, J. E. y Muñoz-Saba, Y. (2005). Conservación Internacional Serie Manuales para la Conservación 1 Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Universidad Nacional de Colombia.

- Stashenko, E. y Martínez, J. (2011). *Preparación de la muestra: un paso crucial para el análisis por GC-MS*. *Scientia Chromatographica*, 3, 25-49. DOI: 10.4322/sc.2011.003.
- Stashenko, E. y Martínez, J. (2009). *Aspectos prácticos de la ionización con electrones en la obtención de espectros de masas y su interpretación*. *Scientia Chromatographica*, 1(4), 19-36. <https://www.iicweb.org/scientiachromatographica.com/files/v1n4a3.pdf>
- Stuart, G. (2024, 1 de abril). Philippine medicinal plants. Alpasotis. <http://www.stuartxchange.org/Alpasotis.html>.
- Torres, A. M., Ricciardi, G. A., de Nassiff, A. E. A., Ricciardi, A. I., y Bandoni, A. L. (2021). Examen del contenido en ascaridol del aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* L.(paico). *Facena*, 19, 27-32.
- Vieira, A. J., Beserra, F. P., Souza, M. C., Totti, B. M., & Rozza, A. L. (2018). Limonene: Aroma of innovation in health and disease. *Chemico-Biological Interactions*, 283, 97-106.
- Villarreal, P., Iliná, A., Martínez-Hernández, J., Segura-Ceniceros, E. P., Aguilar, C. y Chávez, M. (2018). Biotransformación De Limoneno: Uso de Sistemas Biológicos Para Llevar a Cabo Modificaciones Químicas. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 10(20), 11-19.
- Weather Spark. (2024). *El clima en Carlosama, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia)* – sitio web: <https://es.weatherspark.com/y/20621/Clima-promedio-en-Carlosama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature>
- Yepes, A. y Buckeridge, M. S. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global: Revisión. *Colombia forestal*, 14(2), 213-232.


Zavala, R., Herrera, J., Lara, S. y Garzón, L. (2016). Evaluación de la toxicidad aguda de un extracto alcohólico de hojas de epazote (*Chenopodium ambrosioides*). *Spei Domus*, 12(24).

Zotti, M., Colaianna, M., Morgese, M. G., Tucci, P., Schiavone, S., Avato, P., y Trabace, L. (2013). *Carvacrol: from ancient flavoring to neuromodulatory agent*. *Molecules*, 18(6), 6161-6172.

Anexos

Anexo 1

*Identificación taxonómica del *Chenopodium ambrosioides*.*



Universidad de **Nariño**
HERBARIO-PSO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

La suscrita directora del **HERBARIO PSO DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO**, certifica que los estudiantes del Semillero de Investigación Nanocesmag, Programa de Licenciatura en Química de la Universidad Cesmag: **GREIS DANIELA YELA INGUILÁN Y RICARDO JULIÁN PORTILLA REYES**, solicitaron la identificación taxonómica para las siguientes muestras botánicas, las cuales contienen esta información:

Muestras 1, 2, 3 y 4:
Nombre común reportado: Paico.
Lugar de colecta: Municipio de Cuaspud Carlosama, Vereda Chavisnan.
Altura sobre el nivel del mar: 3050 msnm.
Fecha de colecta: 7 de octubre de 2023.

Una vez revisadas las características morfológicas de los ejemplares y comparados con los exsicados registrados en el Herbario de Investigaciones –HERBARIO PSO–, como única colección vegetal legalmente registrada en el departamento de Nariño, todas las muestras corresponden a:

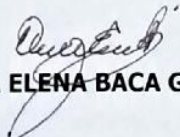
Familia *Amaranthaceae*

Especie: ***Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants**
(Nombre Aceptado)

Es de anotar que la citada especie se conoce con el siguiente **sinónimo**:




***Chenopodium ambrosioides* L.**

Se expide a solicitud de los interesados, a los diecinueve (19) días del mes de octubre de 2023.



AIDA ELENA BACA GAMBOA

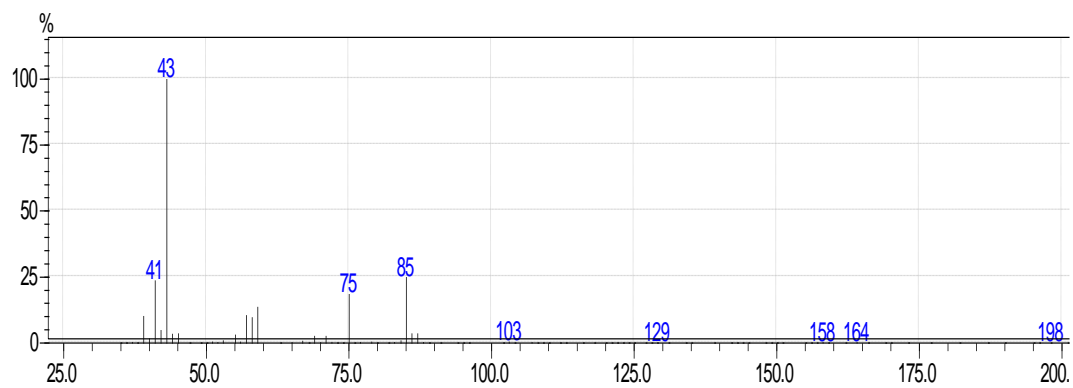
Ciudad Universitaria Torobajo - Laboratorios de Biología - Bloque I - Tel. 731 1449 Ext. 263
email: adminherbario@udenar.edu.co - San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

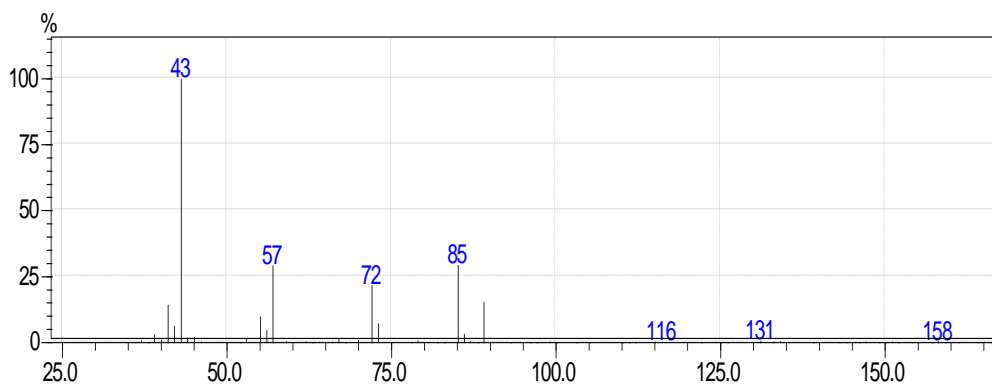
GP-CER 112202
SC-CER 110445
CO-SC-CER 1104

Anexo 2

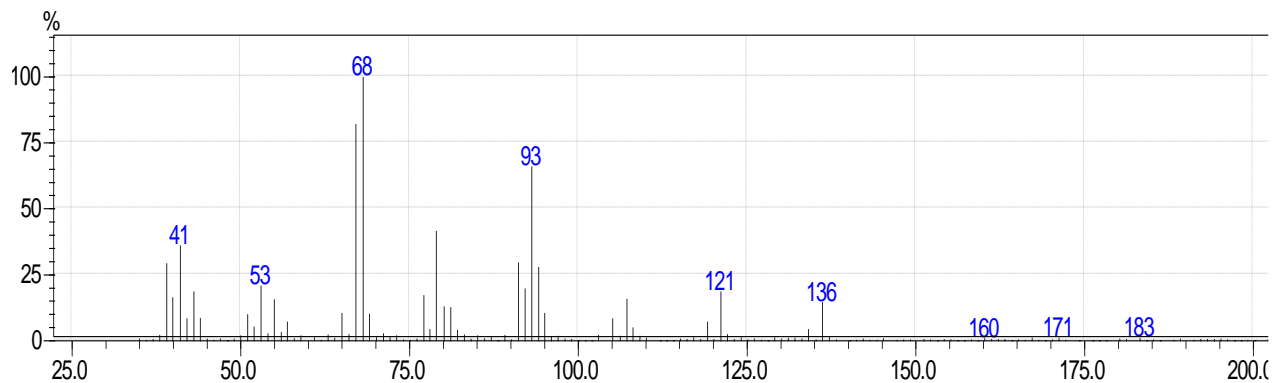
Espectro de masas del compuesto: 3,3-Dimetil-2-hexanona

**Anexo 3**

Espectro de masas del compuesto: 3,4-Epoxi-2-hexanona

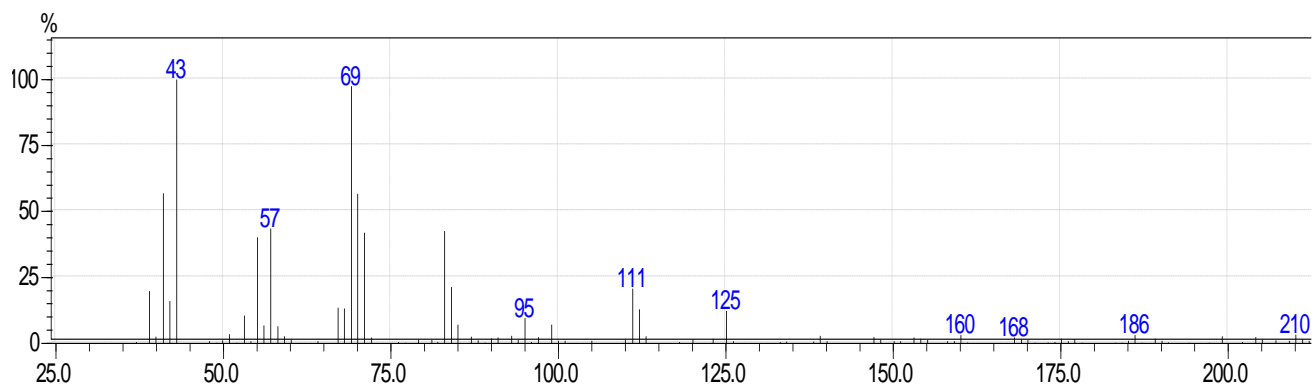
**Anexo 4**

Espectro de masas del compuesto: Limoneno



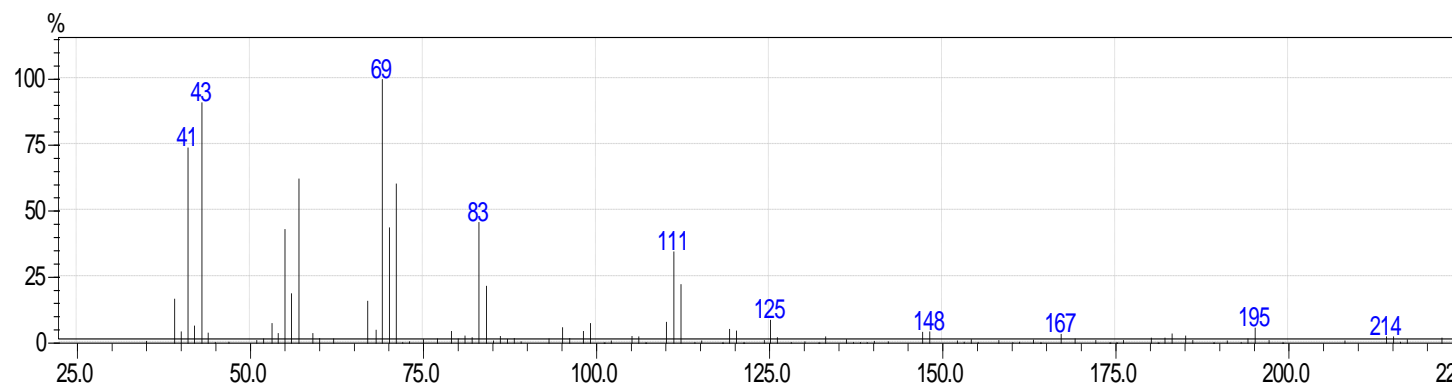
Anexo 5

Espectro de masas del compuesto: Tridecanol



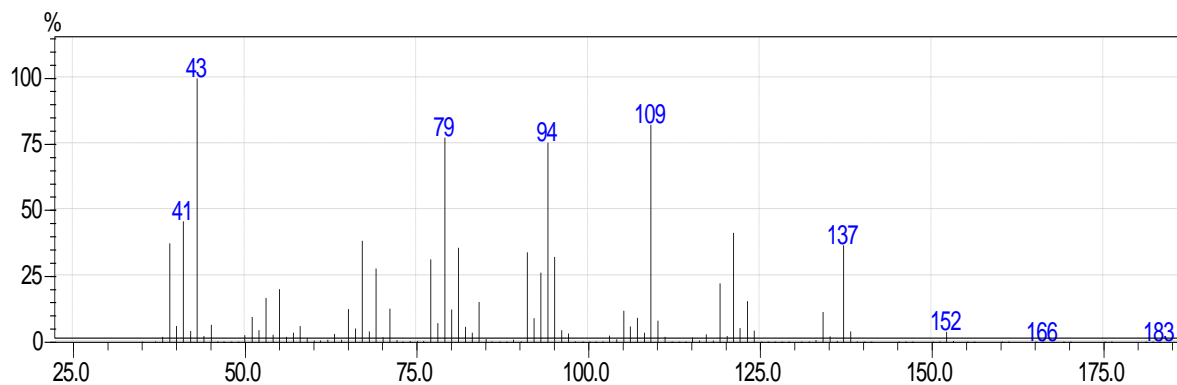
Anexo 6

Espectro de masas del compuesto: Octadecanol



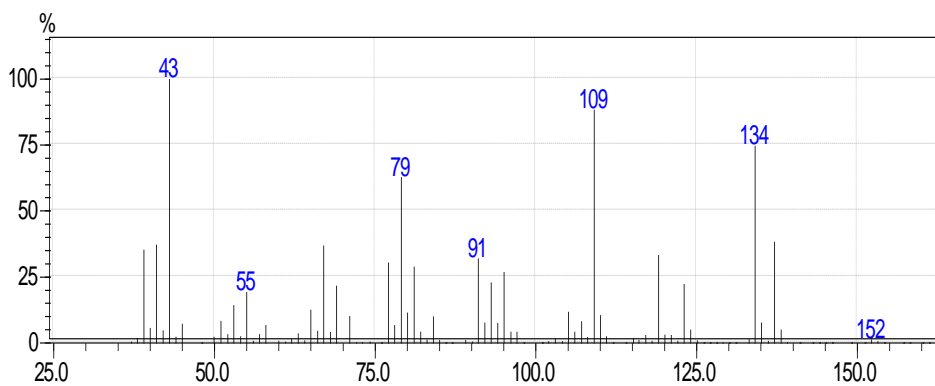
Anexo 7

Espectro de masas del compuesto: trans-p-Menta-2,8-dien-1-ol



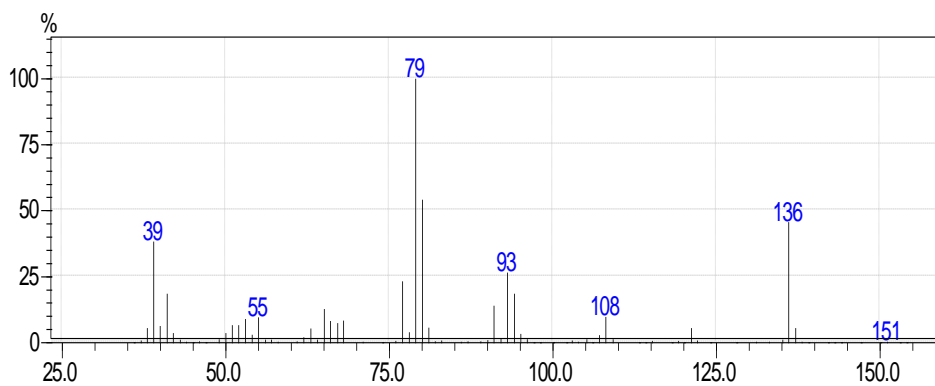
Anexo 8

Espectro de masas del compuesto: cis-p-Menta-2,8-dien-1-ol



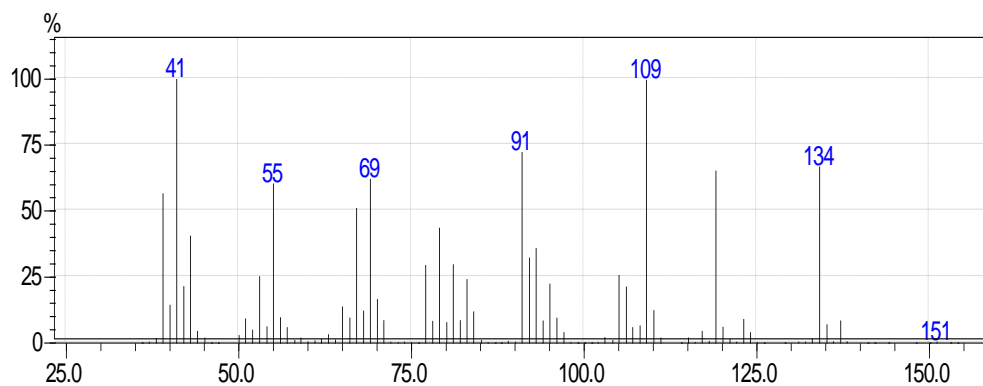
Anexo 9

Espectro de masas del compuesto: 6-metil-biciclo[3.3.0]oct-2-en-7-ona

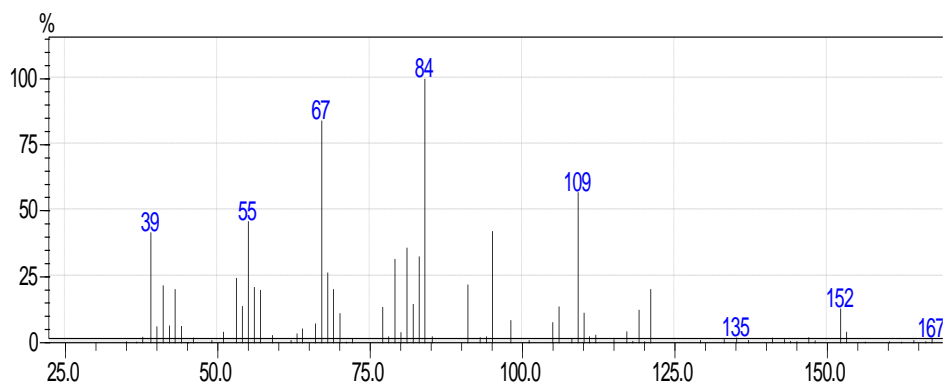


Anexo 10

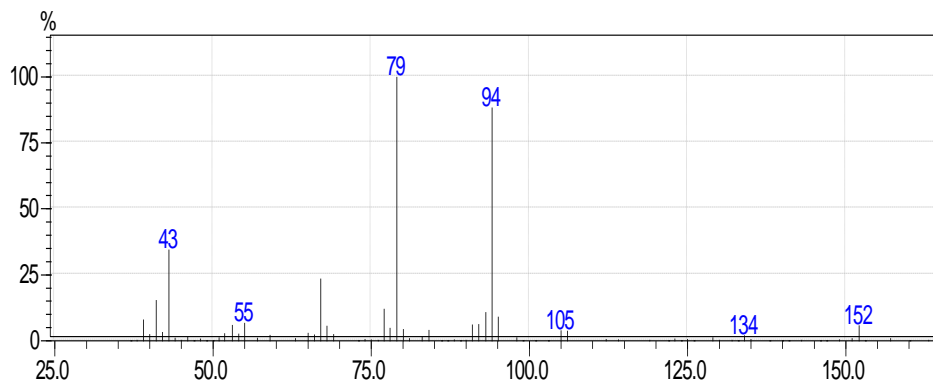
Espectro de masas del compuesto: Isocarveol

**Anexo 11**

Espectro de masas del compuesto: 2-(2-metilpropildien)ciclohexanona

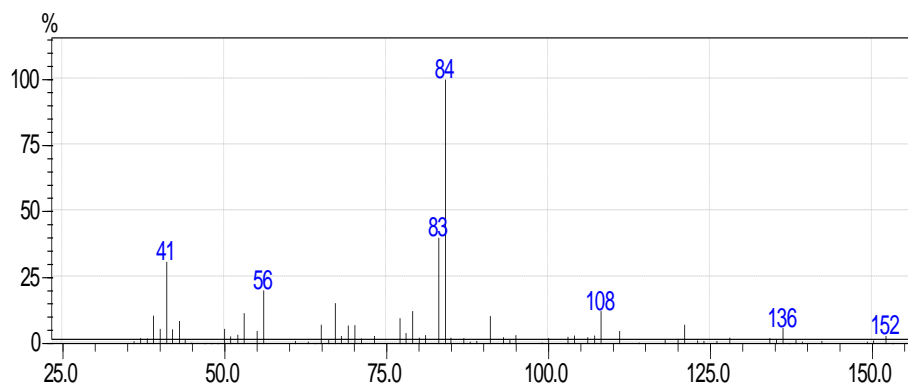
**Anexo 12**

Espectro de masas del compuesto: 1-p-Menten-9-al



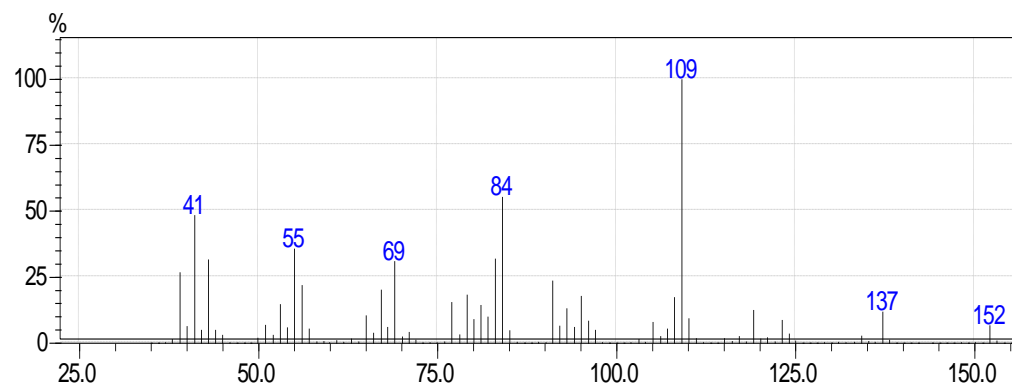
Anexo 13

Espectro de masas del compuesto: cis-Carveol



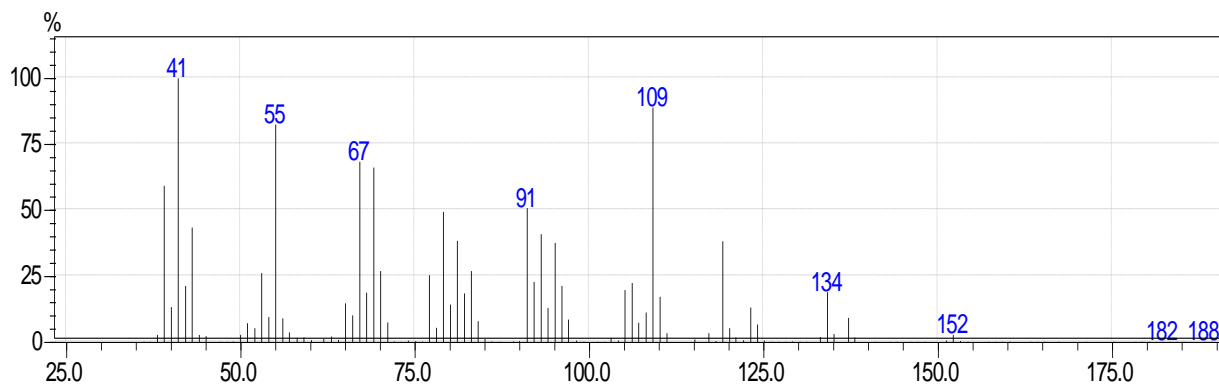
Anexo 14

Espectro de masas del compuesto: trans-Carveol



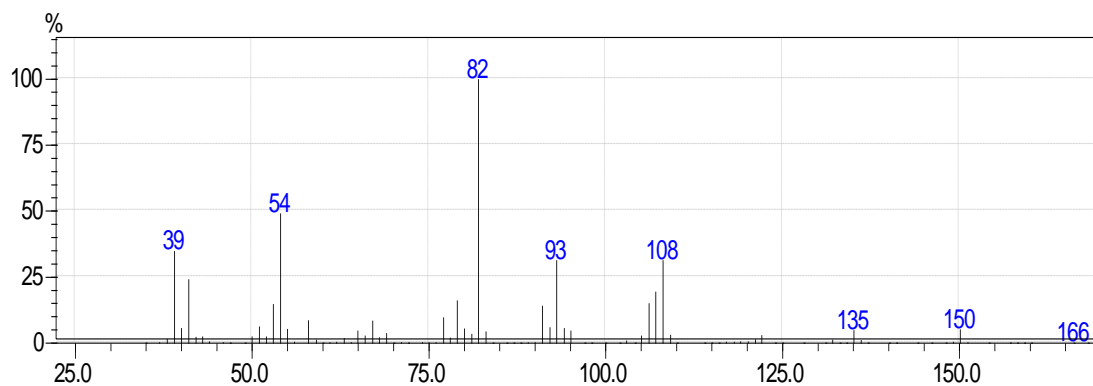
Anexo 15

Espectro de masas del compuesto: trans-p-Menta-1(7),8-dien-2-ol



Anexo 16

Espectro de masas del compuesto: Carvol



Anexo 17

Materiales necesarios para la hidrodestilación.

- Balón de fondo redondo con desprendimiento lateral 250 mL
- Condensador de espiral (incluidas mangueras para su respectiva conexión)
- Dos soportes universales
- Variedad de pinzas
- Plancha calefactora y agitador magnético
- Erlenmeyer 125 mL

- Embudo de decantación 250 mL
- Termómetro de mercurio
- Probetas 100 mL o 250 mL

Reactivos.

- Agua destilada.
- Hexano marca Panreac.
- Hidróxido de sodio (NaOH 10%) preparado a partir del reactivo 99% pureza. Marca Panreac.
- Ácido clorhídrico (HCl 1N)
- Sulfato de sodio (Na₂SO₄ anhidro) 99,5% pureza. Marca Merck.
- 15 g de materia vegetal proveniente de las hojas secas y finamente divididas de la planta de *Chenopodium ambrosioides*

 <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 860.109.2007-7 VICERRECTORIA</p>	CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)	CÓDIGO: AAC-BL-FR-032
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

San Juan de Pasto, 7 de junio de 2024

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.


Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado denominado DETERMINACIÓN MEDIANTE GC-MS DE LOS MONOTERPENOIDES MAYORITARIOS PRESENTES EN EL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE *Chenopodium ambrosioides* PROCEDENTE DEL MUNICIPIO DE CUASPUD CARLOSAMA – NARIÑO, presentado por los autores Ricardo Julián portilla Reyes y Greis Daniela Yela Inguilán del Programa Académico Licenciatura en Química al correo electrónico lic.quimica@unicesmag.edu.co, posteriormente el programa enviará el trabajo a biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor, que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,



(Firma del Asesor)


LUIS FELIPE ARTURO PERDOMO
C.C. 1020415784
Programa de Licenciatura en Química
Cel. 3155209866
Correo. lfarturo@unicesmag.edu.co

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>MT. 800.109.387-7 VICERRECTORÍA</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

INFORMACIÓN DEL LOS AUTORES	
Nombres y apellidos del autor: Ricardo Julián Portilla Reyes	Documento de identidad: 1.004.771.712 Guaitarilla (N)
Correo electrónico: rjpr2015.rp@gmail.com	Número de contacto: 3225343820
Nombres y apellidos del autor: Greis Daniela Yela Inguilán	Documento de identidad: 1.004.579.943 Ipiales (N)
Correo electrónico: gdyela.9943@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3204251591
Nombres y apellidos del asesor: Luis Felipe Arturo Perdomo	Documento de identidad: 1.020.415.784 Bello (A)
Correo electrónico: lfarturo@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3155209866
Título del trabajo de grado: DETERMINACIÓN MEDIANTE GC-MS DE LOS MONOTERPENOIDES MAYORITARIOS PRESENTES EN EL ACEITE ESENCIAL DE LAS HOJAS DE <i>Chenopodium ambrosioides</i> PROCEDENTE DEL MUNICIPIO DE CUASPUD CARLOSAMA– NARIÑO.	
Facultad y Programa Académico: Facultad de Educación, programa de Licenciatura en Química.	

En nuestra calidad de autores y/o titulares del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, conferimos a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que los firmantes del presente documento conservemos la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que dejemos de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, nos comprometemos a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de nuestra parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conocemos que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, aceptamos que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Aceptamos que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renunciamos a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifestamos que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostentamos los derechos patrimoniales de autor sobre la

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>MT: 800.101.387-7 VICERRECTORÍA</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

misma. Por consiguiente, asumimos toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo el nombre de los autores y la fecha de publicación.




- e) Autorizamos a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizamos a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autores garantizamos que hemos cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejamos constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizamos la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permitimos que nuestro Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG, por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 7 días del mes de junio del año 2024.

 Firma del autor	 Firma del autor
Nombre del autor: Greis Daniela Yela Inguilán	Nombre del autor: Ricardo Julián Portilla Reyes
 Firma del asesor Nombre del asesor: Luis Felipe Arturo Perdomo	