

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD

DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA



COMPOSICION QUIMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL
ACEITE ESENCIAL DE *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers

TESIS PRESENTADO POR:

Bachiller Ana Victoria Barrionuevo Jance

Para optar al título profesional de Químico

ASESORA: Mgt. Yolanda Callo Choquevillca

CUSCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mí padre Carlos Gustavo por su apoyo incondicional, acompañamiento de mis estudios y la culminación, siempre estarás dentro de mi corazón

muchas gracias papito.

A mis hijos Carlos Gustavo y Gerónimo por su total apoyo en la finalización de esta investigación, porque son el motivo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas quiero agradecer, a los docentes que han participado en el desarrollo de la presente Tesis de la Escuela Profesional de Química, de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco:

A la Mgt. Yolanda Callo Choquevilca como mi asesora por aceptarme, para realizar esta tesis, y formar parte de otro objetivo.

A la Mgt. Aurora Loaiza Becerra, Presidente del Jurado, Segundo Dictaminante.

A la Quim. Jerónima Surco Fuentes, Primer Dictaminante.

A la Mgt. Carmen Sonia Alosilla Robles, Primer Replicante.

Al Dr. Blas Porfirio Puma Caparó, Segundo Replicante.

A la Mgt. Ana María Lechuga Chacón, Coordinadora de la Escuela Profesional de Química.

A los Químicos Alicia Claverí Jarandilla y Ciro Tomaylla Cruz, por su apoyo incondicional.

Al Departamento Académico de Química, por el uso de sus equipos, instrumentos y laboratorios.

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ABREVIATURAS	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. HIPOTESIS	3
1.4. VARIABLES	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4

CAPITULO II

II. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1.1. ANTECEDENTES DE <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers	5
2.2. BASES TEORICAS	11
2.2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers	11
2.2.2. DESCRIPCIÓN BOTANICA	12
2.2.3. USOS MEDICINALES	12
2.2.4. ACEITES ESENCIALES	12
2.2.5. CARACTERÍSTICAS COMUNES	13
2.2.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	13
2.2.7. COMPONENTES QUÍMICOS DE LOS ACEITES ESENCIALES	14
2.2.8. BIOSÍNTESIS DE TERPENOS	18
2.2.9. USOS FARMACOLÓGICOS	21
2.3. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	23
2.4. CROMATOGRAFÍA DE GASES-ESPECTROMETRÍA DE MASAS	25

2.5.	RADICALES Y OXIDANTES	25
2.6.	ANTIOXIDANTES	27
2.7.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	28
2.8.	METÓDO DPPH	29
2.9.	TERPENOS CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	31

CAPITULO III

III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES	33
3.2.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	35
3.2.1.	MATERIAL BOTÁNICO	35
3.3.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	36
3.3.1.	EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL	36
3.3.2.	PARAMETROS FISICOQUÍMICOS DEL ACEITE ESENCIAL	38
3.3.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA	44
3.3.4.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	45

CAPITULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL	47
4.2.	PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL	48
4.3.	SOLUBILIDAD DEL ACEITE ESENCIAL	49
4.4.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL	50
4.5.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL.....	55
4.5.1.	PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE DPPH CON EL ESTÁNDAR TROLOX	55
4.5.2.	PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers	57

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFICA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Terpenoides	15
Tabla 2. Radicales oxidantes más comunes en el organismo humano.....	26
Tabla 3. Métodos para la determinación de capacidad antioxidante.....	29
Tabla 4. Las diluciones en metanol	46
Tabla 5. Porcentaje de extracción del aceite esencial <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers.....	47
Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial <i>B. tricuneata</i>	48
Tabla 7. Resultados de la solubilidad del aceite esencial <i>B. tricuneata</i>	49
Tabla 8. Composición química del aceite esencial <i>B. tricuneata</i>	52
Tabla 9. Porcentaje de inhibición del estándar Trolox	55
Tabla 10. Porcentaje de inhibición del aceite esencial <i>B. tricuneata</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta entera de <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers	11
Figura 2. Diagrama de flujo	37
Figura 3. Cromatograma GC – MS del aceite esencial <i>B. tricuneata</i>	51
Figura 4. Distribución de los diferentes grupos químicos	54
Figura 5. Correlación de la capacidad antioxidante de trolox frente al DPPH	56
Figura 6. Correlación de la capacidad antioxidante del aceite esencial <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers frente al DPPH	57
Figura 7. Certificado de identificación taxonómica de <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers	65
Figura 8. <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers en su hábitat.	66
Figura 9. Muestreo de <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers	66
Figura 10. Preparando la muestra para la extracción	67
Figura 11. Pruebas de solubilidad del aceite esencial <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers.....	67
Figura 12. Reactivos para determinar el índice de acidez (IA).....	68
Figura 13. Titulando para determinar el índice de acidez (IA).....	68
Figura 14. Reactivos para determinar el índice de saponificación (IS)	69
Figura 15. Titulando para determinar el índice de saponificación (IS)	69
Figura 16. Reactivos para determinar la capacidad antioxidante	70
Figura 17. Determinación de la capacidad antioxidante de Trolox (estándar)	70
Figura 18. Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers	71
Figura 19. Lectura del estándar de referencia y el aceite esencial <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers con el método DPPH.	71
Figura 20. Lectura de absorbancia de la capacidad antioxidante de Trolox y del aceite esencial <i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers, en espectrómetro ultravioleta visible	72
Figura 21. Masa lónica del compuesto gamma-Muuroleno	73
Figura 22. Masa lónica del compuesto 1,5,9-Cyclododecatrieno, 1,5,9-trimethyl	73
Figura 23. Masa lónica del compuesto Bicyclo [3.1.1]heptano, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	74
Figura 24. Masa lónica del compuesto Naphthaleno, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro -4,7-dimethyl-1-1(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	74

ABREVIATURAS

AOAC	Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
CG	Cromatografía de gases.
MS	Espectrometría de masas.
DPPH	Difenil Picril Hidrazilo.
TROLOX	Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico.
IA	Índice de Acidez.
IS	Índice de Saponificación.
IC50	Concentración inhibitoria media.
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
IRO	Intermediarios reactivos del oxígeno.

RESUMEN

En la naturaleza existen muchas especies vegetales de interés, por sus propiedades curativas, como *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, esta especie aromática, habita en forma silvestre en la región Cusco. Se utiliza frecuentemente en la medicina tradicional en el sur andino, para el tratamiento en enfermedades gastrointestinales, procesos inflamatorios además alivia el dolor de hematomas producidos por golpes en forma de compresas. En esta investigación, se ha determinado la composición química, las propiedades fisicoquímicas y capacidad antioxidante del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers. La extracción del aceite esencial se realizó de las flores, hojas y tallos de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, por el método, de arrastre de vapor de agua (inyección de vapor de agua). La composición del aceite esencial extraído fue analizada por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC –MS), y se determinó los componentes, utilizando la biblioteca de bases de datos NIST 11 L y la librería Flavor 2 L del software del equipo, para cuantificar la capacidad antioxidante del aceite esencial, se utilizó el método del radical DPPH⁺, por espectrómetro UV – Vis.

El porcentaje de extracción del aceite esencial fue 0.1434% p/v. y los valores de las propiedades fisicoquímicas son similares a los resultados de los aceites esenciales del genero *Baccharis*. La especie *Baccharis tricuneata* (L. f) Pers, resulta que contiene concentración baja en la composición de esteres como indica el índice de saponificación. Por la cromatografía GC-MS, se ha logrado aislar cincuenta compuestos químicos, de los cuales cuatro son los principales: gama-Muuroleno, 10,128%; 1,5,9-Cyclododecatrieno-1,5,9-trimethyl, 9,6126%; Bicyclo [3,1,1]heptano-6,6-dimethyl-2-methylene-(1S), 8,1834%; Napthaleno-1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-,(1S-cis), 5,1946%. Cuya actividad antioxidante frente al radical DPPH⁺ es baja, con concentración inhibitoria media de 1,0829 mg/mL y capacidad antioxidante Equivalente Trolox es 748,91µmol de Trolox/g de aceite esencial.

Palabras Clave: *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, Capacidad antioxidante, composición de Aceite esencial

ABSTRACT

In nature, there are many vegetables species of interest, for their healing properties, like *Baccharis tricuneata* (L.f.) Pers, this aromatic species lives in the wild in the Cusco region. It is frequently used in traditional medicine in the Andean south, to treat gastrointestinal diseases, inflammatory process and to calm bruise pains caused by hits in form of compresses. In this investigation, the chemical composition has been determined, the physicochemical properties and the antioxidant capacity of the *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers essential oil. The oil extraction was made from the flowers, leaves, and stems of *the Baccharis tricuneata* (L.f) Pers, with the method of steam entrainment (steam injection). The composition that was extracted from de the essential oil was examined by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) and the components were determined, using the NIST 11 data base library and the FLAVOR 2L library from the team's software, to quantify the essential oil's antioxidant capacity, the radical DPPH method was used, by spectrometer UV – Vis.

The extraction of the essential oil's percentage was 0.1434% p/v and the values of the physicochemical properties are similar to the results of the essential oils of the gender *Baccharis*. The species *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers, turns out that it contains a low concentration in the composition of esters as indicated in saponification index. By the chromatography GC-MS, fifty chemical compounds have been isolated, from which four of them are the main ones: gama – muurolene 10,128%; 1,5,9 – Cyclododecatriene- 1,5,9 – trimethyl, 9,6126% Bicycle 3,1,1, heptane-6, 6- dimethyl-1 (1- methylethyl)-, (1S-cis) 5,1946%. Whose antioxidant activity against the radical DPPH is low, with a mean inhibitory concentration of 1,0829 mg/mL and the trolox equivalent antioxidant capacity is 748,91 μ mol of trolox/g of essential oil.

Key words: *Baccharis tricuneata* (L.f) Pers, Antioxidant Capacity, Essential Oil composition

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales son concentrados de sustancias formados como resultado del metabolismo secundario de las plantas, consiste en una mezcla de hidrocarburos del grupo de polímeros terpénicos, cuya fórmula es $(C_5H_8)_n$, junto con los compuestos fenólicos, aldehídos, alcoholes, éteres y ésteres le dan al aceite esencial su aroma característico. (Edisón, 2005).

La biodiversidad de las plantas aromáticas en la región del Cusco es muy extensa entre ellas el género *Baccharis*, en especial la especie *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, conocido como T'ola, papataya, taya y ambar taya, en las zonas alto andinas por sus propiedades curativas, para problemas gastrointestinales, inflamatorios y analgésicos.

En la presente investigación se extrajo el aceite esencial, con el objetivo de cuantificar la composición química, mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas. La bibliografía reporta presencia de monoterpenos que tienen capacidad antioxidante, al respecto, (Figuroa-Giorffino, 2018), indica que los tallos y hojas de la especie *Baccharis genistelloides*, contienen $0.064\% \pm 0.0116\%$ de flavonoides con capacidad antioxidante. Considerando la importancia de recursos vegetales con capacidad antioxidante, especialmente del género *Baccharis*, de los cuales existe poca información al respecto, fue propósito de esta investigación determinar la composición química y capacidad antioxidante del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f) Pers, a fin de aportar al conocimiento en el campo de los aceites esenciales que pueden ser utilizado en medicina como también; para su uso en la conservación de alimentos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región del Cusco existen una variedad de especies de plantas medicinales que, según la etnobotánica son utilizadas con fines terapéuticos comunes, las investigaciones se basan en su contenido de sus metabolitos secundarios. Respecto al uso de los aceites esenciales según los reportes bibliográficos son referidas a su actividad insecticida; como también al conocimiento de sus metabolitos secundarios, (Herrera, 2017), en su investigación de hojas de *B. Latifolia* (R & P.) Pers (Chilca), según el cribado fitoquímico encontró alto contenido de fenoles y flavonoides; sin embargo, no refiere a su contenido de aceites esenciales. Por lo cual no existiendo muchas referencias de investigaciones respecto a su capacidad antioxidante de los aceites esenciales del genero *Baccharis*, la presente investigación pretende aportar al conocimiento de la especie *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, cuyas propiedades físicas y químicas son poco conocidas, que según la etnobotánica esta especie se usa comúnmente sus hojas y tallos en la cura de una serie de dolencias. Se da la necesidad de investigar aspectos relacionados al aceite esencial de *B. tricuneata*, su composición química, sus propiedades fisicoquímicas y su capacidad antioxidante.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la composición química y presenta capacidad antioxidante el aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers?

1.3. HIPÓTESIS

El aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, en su composición química presenta monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanos y tiene capacidad antioxidante.

1.4. VARIABLES

- **Variable Independiente**

La composición química del aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

- **Variable Dependiente**

La capacidad antioxidante del aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Siendo necesario incrementar el conocimiento de los aceites esenciales del genero *Baccharis* con la finalidad de darle un uso con base científica, que beneficiará a los habitantes de las zonas andinas de región Cusco, en la medicina folklorica o en la conservación de alimentos, considerando su composición química del aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, cuyos componentes terpenicos (monoterpenos, sesquiterpenos) y otros presentan actividad antioxidante. Los resultados de esta

investigación, además permitirá comparar las propiedades fisicoquímicas y composición de los aceites esenciales de otras especies de este género como: *B. latifolia*, *B. genistelloides* y *B. trimera*

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición química, y capacidad antioxidante del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

1.6.2. OBJETIVO ESPECIFICOS

- Determinar el porcentaje del extracto del aceite esencial de la parte aérea de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.
- Determinar la composición química del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, por cromatografía de gases – espectrometría de masas.
- Determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES DE *Baccharis tricunesta* (L. f.) Pers

- Prado (2003), encontró las características macroscópicas de la planta *Baccharis tandilensis* Speg. (Asteraceae), también conocida como "chilca". Se cosecharon las partes aéreas florecidas de ejemplares masculinos y femeninos, y se destilaron en una trampa tipo Clevenger para obtener el aceite esencial. El rendimiento de aceite esencial fue del 1,25% para los ejemplares masculinos y del 0,85% para los femeninos. Se identificó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas aproximadamente el 90% de los constituyentes. Los principales componentes encontrados en ambos aceites fueron β pineno, limoneno, espatulenol y viridiflorol, con algunas diferencias en las proporciones relativas entre los aceites masculino y femenino. El olor del aceite esencial se describió como dulce, algo resinoso y amaderado.
- Arze (2004). Indicó que el aceite esencial de las partes aéreas de *Baccharis tricuneata* var. (Asteraceae) de Bolivia fueron analizadas por GC y GC/MS. Encontrando que este aceite esencial es rico en (E)-nerol (68%) y tiene algunos oligoelementos, principalmente monoterpenos (16%), seguido del hidrocarburo sesquiterpeno (5%) y hemiterpeno oxidado (3%).

- Budel (2005), investigó la composición química de los aceites esenciales de *Baccharis anomala*, *B. ochracea* y *B. megapotamica* que crecen en Brasil, utilizando cromatografía de gases acoplada con detector de espectrometría de masas (GC-MSD) y cromatografía de gases acoplada con detector de ionización de fuego (GC-FID). Se encontró que el α -acorenol, espatulenol y óxido de cariofileno fueron los principales componentes en el aceite esencial de *B. anómala* con rendimiento de 0,18%, mientras que el espatuleno y el óxido de cariofileno fueron los principales componentes en *B. megapotamica* con un rendimiento de 0,17% y *B. ochracea* con un rendimiento de 0,18%.
- Abad (2007). Estudió género *Baccharis* presentó flavonoides y otros compuestos fenólicos; además de los diterpenos y componentes volátiles como los más principales. Los estudios farmacológicos se basan principalmente en las propiedades anti inflamatorias, antioxidantes, antibacterianas y antifúngicas.
- Molares (2009), realizó un estudio sobre *Baccharis obvata* Hook. et Arn., también conocida como "wautro", una planta aromática que forma parte de la herbolaria Mapuche de la Patagonia Argentina. Se realizó, entrevistas a pobladores de dos comunidades Mapuches y se colectó material vegetal para su observación al microscopio óptico y de barrido ambiental, así como para la hidrolización del aceite esencial. Los informantes indicaron que la planta se usa para tratar alopecia, caspa, dermatitis y cefaleas. La hoja presenta características importantes como mesofilo isobilateral, estomas anormocíticos, tricomas glandulares pluricelulares y cavidades

esquizógenas secretoras de aceites esenciales. También se proporcionaron determinaciones físico-químicas, como el rendimiento medio anual, el tiempo óptimo de destilación, la densidad relativa, la rotación específica y el índice de refracción. *B. obovata* es una especie cosmeceútica de interés y este estudio contribuye a su conocimiento general, proporcionando información para futuras tareas de control de calidad y para su sostenimiento bio-cultural.

- Nuño, G. (2012). Midió la actividad antioxidante y antibacteriana concentrado de *Baccharis incarum* estandarizado en etanol a 60% y 80%, además, de un planteamiento fitofarmacéutica tomando en cuenta a partir de ellos. La tintura de *Baccharis* mostro actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus faecalis* resistentes a antibióticos clínicamente aislados, con valor de MIC de 40-80 μg GAE/mL. Ambos colorantes mostraron actividad secuéstrate de ABTS con valores que oscilaron entre 1,6 y 4.0 μg GAE/mL. El colorante no resultó genotóxico en la prueba de Salmonella. Por esta razón se ha incluido etanol de 60⁰ en formulaciones farmacéuticas tópicas (Hydrogel/Carbopol 934). La formulación fitoprotectora también mostró actividades antibacterianas y antioxidantes en pruebas in vitro.
- Granados (2014), estudió la especie *Myrcianthes leucoxylla*, se recolectó las hojas en el departamento de Santander (Colombia). Se determinó la actividad antioxidante y la composición del aceite esencial *Myrcianthes leucoxylla*, cuya extracción se realizó por arrastre con vapor de agua y por Cromatografía de Gases de alta Resolución, son diez componentes mayoritarios. Con la finalidad de determinar la actividad antioxidante del

aceite esencial se usaron dos métodos: capacidad de atrapamiento del radical DPPH y capacidad de atrapamiento del catión radical ABTS⁺. La metodología de inhibición del radical ABTS⁺, el porcentaje de inhibición fue alta, mientras que la inhibición de radical DPPH no supero el 15%, razón por la cual se descartó continuar la evaluación de la actividad antioxidante con esta metodología, teniendo en cuenta que se esperan valores de Inhibición superiores al 30%.

- Simirgiotis (2016), estudió por primera vez en la resina de *Baccharis tola* sub sp., una especie endémica que crece en el desierto de Atacama - Chile, utilizando el detector de matriz de diodos del espectrómetro de masas UHPLC de alta resolución (UHPLC-DAD-HESI-Q-OT-MSn), que permite la toma de huellas dactilares rápida y precisa de los metabolitos. Incluye treinta y siete compuestos, varios flavonoides metoxilados y diterpenoides furanilclerodano. La capacidad antioxidante de la resina enriquecida con fenol fue (9,24 ± 0,23µg/mL; 53.3 ±3,15µM equivalente a Trolox/gramos de peso seco), y 60,94 ±4,95% en la prueba de DPPH, prueba de poder reductor de hierro y prueba de barrido de aniones superóxido, respectivamente. La resina de este árbol americano es de interés para desarrollar fármacos, nutraceuticos, cosméticos o complementos alimenticios comerciales entre otros.
- Guerra, C. (2016), evaluó la actividad antioxidante de dos aceites esenciales obtenidos de plantas andinas mediante hidrodestilación: *Clinopodium nubigenum* (kunt) kuntze y *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Per. Se identificaron 55 compuestos en el aceite de *Clinopodium nubigenum* y 19 compuestos en el aceite de *Baccharis latifolia* mediante GC-MS. Los compuestos mayoritarios en *Clinopodium nubigenum*

fueron acetato de carvacrol, carvacrol, pulegona, timol y p-cimeno, mientras que los compuestos predominantes en *Baccharis latifolia* fueron α -felandreno, limoneno, norhalkendin y andro enecalinol. La actividad antioxidante se evaluó mediante los métodos de prueba β -caroteno, DPPH y ABTS. Se encontró que *Clinopodium nubigenum* presentaba una actividad antioxidante similar a la del aceite esencial de *Thymus vulgaris* utilizado como referencia natural, mientras que la actividad en el aceite de *Baccharis latifolia* fue moderada. Además, se identificaron las moléculas responsables de la actividad antioxidante mediante el método bioautográfico TLC-DPPH y su posterior revelación mediante GC-MS.

- Rodríguez A. E. (2019), evaluó la actividad antibacteriana y antioxidante de las partes aéreas de *Baccharis revoluta*. También, se determinó la concentración crítica, que exhibe una medida de la susceptibilidad del microorganismo. Los extractos etanólicos presentaron una actividad antioxidante representativa, con una IC₅₀ y actividad antioxidante relativa de 7,2% y 43.64%, para el extracto etanólico de hojas, 6,95% y 45,57%, para el extracto etanólico de tallos y 7,1% y 44,16% para el extracto etanólico de flores, lo que nos determina una gran potencialidad de estos extractos etanólicos
- Manrique (2017) realizó estudios del aceite esencial de sus hojas por el método de la captación de radicales del aceite esencial *Clinopodium pulchellum* (Kunt) Govaerts “panizara”, cuya especie aromática es nativa del Perú, según informaciones etnofarmacológicas tiene propiedades medicinales, se realizó la determinación de la actividad antioxidante por dos métodos de decoloración de los radicales ABTS y DPPH. Por el método espectrofotométrico obteniendo resultados de inhibición media

(IC₅₀) para este aceite esencial fue 2288,31 µg/mL y para el Trolox fue 17,04 µg/mL, los resultados indican que el aceite esencial *Clinodium pulchellum* (Kunt) Govaerts posee actividad antioxidante.

- Ortuño Saca, (2019), investigó los aceites esenciales de Chilca (*Baccharis latifolia*) y Cilantro (*Coriandrum sativum*) frente a la bacteria *Xanthomona sp.*, y de su actividad antibacteriana, demostrando su potencial inhibitorio. Se realizó ensayos físicos y químicos para la determinación, del rendimiento y calidad de estos aceites esenciales, así como cromatografía de gases para el análisis de los componentes de máximo porcentaje en Chilca, cuyos resultados fueron α-felandreno 18.12%, Limoneno 17.15%, Norhalkendin 10% y Androencecalinol 6%. Para el Cilantro: Benzaldehído 40.25, Geraniol 19%, Alcanfor (26%) y Decanol 10%. Finalmente, se realizó una prueba de microdilución con una dosis baja de resazurina en las líneas analizadas a cero horas y veinticuatro horas después, dando un valor mayor para el aceite esencial de Chilca a una concentración de 70% superior, se analizaron dos placas a las 24 horas. Finalmente, un ANOVA estadístico realizado en Minitab 17 mostro que los dos aceites esenciales tenían una notable actividad antibacteriana contra *Xanthomona sp.*

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers

Se identificó en el Herbario Vargas (CUZ) de la facultad de Ciencias UNSAAC.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Baccharis</i>
Especie	<i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers.

NOMBRES COMUNES: t'ola, ambar taya, papataya, taya.



Figura. 1. Planta entera de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers

2.2.2. DESCRIPCIÓN BOTANICA

Arbusto que alcanza los 50cm de altura. Hojas oblanceoladas-espátuladas, alternas, resinosas. Capítulos unisexuales. Flores femeninas numerosas y filiformes. Flores masculinas numerosas, corola pentalobulada. Fruto seco con una semilla en su interior. Esta especie es dominante en el paisaje que habita y lo caracteriza. Ambiente primario: Altiplano, Alta cordillera, precordillera, valles agrícolas de precordillera, (Sánchez, M. D., 2015).

2.2.3. USOS MEDICINALES

Según la etnomedicina, los residentes de las zonas alto andinas de la región Cusco, utilizan para la cura de problemas gastrointestinales, reduce la inflamación y alivia el dolor de hematomas.

2.2.4. ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son mezclas de sustancias aromáticas y volátiles, extraídas de plantas principalmente por destilación; suelen ser líquidos, son los productos finales del metabolismo secundario de muchas células vegetales, son sustancias químicas de una mezcla compleja y altamente modificada de hidrocarburos de cadena abierta conocidos como terpenos y sus derivados oxidados conocidos como alcanfor. Sus composiciones de los aceites esenciales son muy diversas, principalmente hidrocarburos con fórmula $C_{10}H_{16}$. En la actualidad son numerosos los hidrocarburos de fórmula $C_{5}H_8$, sus derivados y sus compuestos aromáticos de origen natural. Por su estructura, los terpenos se pueden obtener por polimerización de dos moléculas de isopreno, existen compuestos derivados por lo que la taxonomía de los terpenos es global, dividiéndolos en los

hemiterpenos C_5H_8 , los mismos terpenos, sesquiterpenos $C_{20}H_{24}$, diterpenos $C_{20}H_{32}$ y $(C_5H_8)_n$ politerpenos, existiendo un número grande como ejemplo en los hidrocarburos terpenicos presentan limoneno, mirceno y pineno. Los alcoholes terpénicos presentan geraniol (esencia de rosa), citronelo, etc. (Martínez A. 2003).

2.2.5. CARACTERÍSTICAS COMUNES

Los aceites esenciales suelen presentar del 0,1% al 1% del peso de una planta seca. Poco solubles en el agua, solubles en disolventes orgánicos y en los alcoholes, a temperatura ambiente son incoloros cuando están frescos, ya que durante la oxidación se vuelven resinosos y de color amarillo oscuro (esto evita su precipitación), en un recipiente de vidrio color topacio, completamente lleno y sellado) La mayor parte de los aceites esenciales tienen un mayor índice de refracción y son menos densos que el agua (a excepción de los aceites esenciales el clavo, sazafrán y la canela). Desde otra perspectiva de la estructura química, a excepción de esencias derivadas de heterósitos (como la almendra amarga y la mostaza), suelen ser mezclas complejas de componentes muy variables casi exclusivamente del grupo de los terpenos. (López Luego 2004)

2.2.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Son líquidos a temperatura ambiente y volátiles (a diferencia de los aceites fijos).
- Apenas destilados son incoloros o levemente amarillos
- Es inferior su densidad con respecto al agua las excepciones son las esencias de sazafrán o del clavo.

- Desvía a la luz polarizada, que casi siempre es producida por fuerzas de rotación, con un alto índice de refracción.
- Son solubles en alcohol y disolventes orgánicos comunes como el éter o el cloroformo, así como en alcohol de alta gradación.
- Muy poco solubles en agua y son liposolubles, pero pueden ser arrastrados por el vapor de agua.
- El punto de ebullición es superior a 100°C. (Martínez A. 2003).

2.2.7. COMPONENTES QUIMICOS DE LOS ACEITES ESENCIALES

a. Los terpenoides. Son los más importantes en términos de su naturaleza y uso comercial. Se derivan de unidades de isopreno (C₅) unidas por cadenas. Son sustancias químicas que se hallan en los aceites esenciales, en sustancias aromáticas y resinas de muchas sustancias aromáticas, en muchos cítricos y los pinos. Los más común es que encontremos los monoterpenos (C₁₀), igualmente son frecuentes en los sesquiterpenos (C₁₅) y los diterpenos (C₂₀). (Jiménez 2003). Capases de ser alifáticos, cíclicos o aromáticos, dependiendo de los grupos funcionales como pueden ser:

- Fenoles (timol, carvacrol) y Alcoholes (mentol, bisabolol).
- Cetonas (alcanfor, thuyona) y Aldehídos (geraniol, citral).
- Ésteres (acetato de bornilo, acetato de linalilo, salicilato de metilo, compuestos antiinflamatorios tipo aspirina).
- Peróxidos (ascaridol) y Éteres (1,8-cineol).
- Hidrocarburos (limoneni, α - y β -pineno).

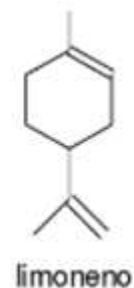
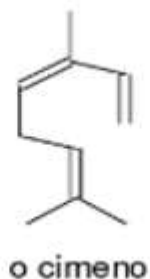
Como se muestra en la siguiente tabla 1 de la clasificación de los terpenoides.

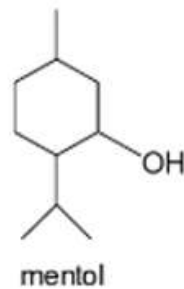
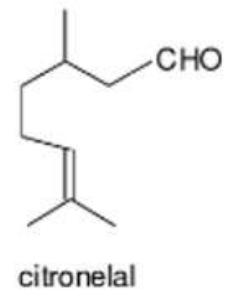
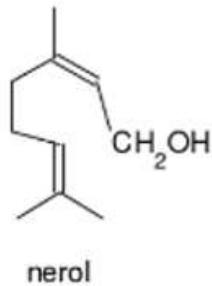
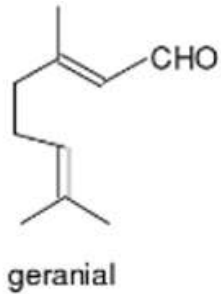
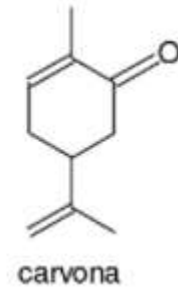
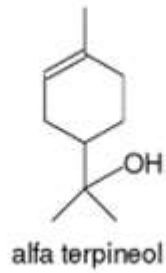
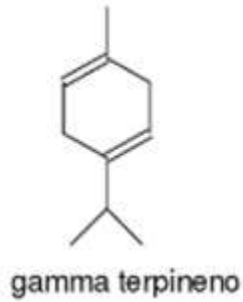
Tabla. 1. Clasificación de Terpenoides

Denominación	Por el número de átomos de carbono	Unidades de los terpenos
Monoterpenoides	10	1
Sesquiterpenoides	15	1,5
Diterpenoides	20	2
Sesterpenoides	25	2.5
Triterpenoides	30	3
Tetraterpenoides	40	4
Politerpenoides	> 40	>4

Fuente: (Ortuño Saca, 2019)

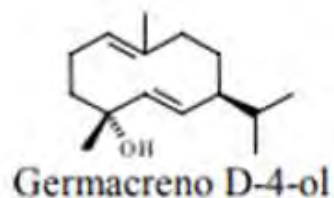
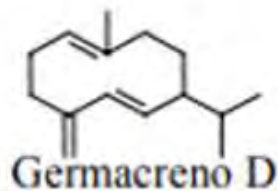
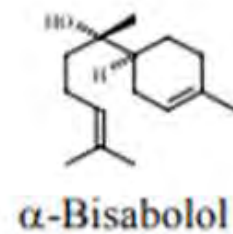
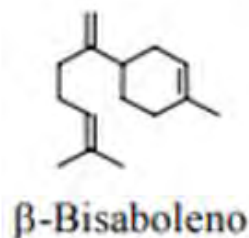
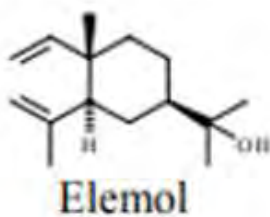
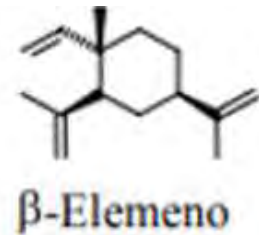
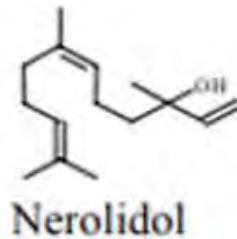
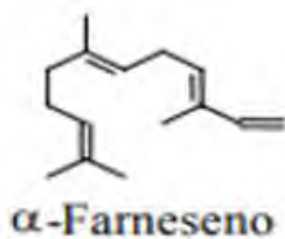
b. Los monoterpenos. Son las mezclas más comunes en los aceites esenciales y son los precursores más complejos de los compuestos de los terpenos oxidados. Sus nombres terminan en –eno. Se puede citar, el limoneno es un precursor de los principales constituyentes de la menta (*Mentha spp.*, *F. Lamiaceae*), como el mentol y la carvona. También en los cítricos se encuentra el limoneno y en el eneldo en compuestos de alfa-pineno y beta-pineno, muy comunes en el ambiente, particularmente en la esencia de trementina del género *Pinus* (*F. Pinaceae*), (Suárez Rodríguez, E. B. 2012).





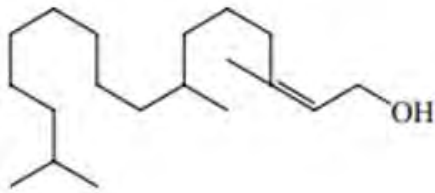
c. Los sesquiterpenos. Se distingue por la presencia de 15 carbonos, es decir, tres unidades de isopreno. Si bien la mayoría de ellos son conexiones convencionales de extremo a extremo algunos son el resultado de esta reorganización estructural. Son comunes en la naturaleza en aceites esenciales como los monoterpenos, pero son más comunes en plantas no vasculares, hongos también en ciertas bacterias como *Streptomyces*. Esta agrupación se caracteriza por una alta variedad natural y puede contener ésteres, glucósidos, alcoholes, hidrocarburos, cetonas y sus derivados, y alcaloides sesquiterpenos, que tienen más unidades de isopreno por unidad que los

monoterpenos, tienen buena plasticidad en su estructura, lo que lleva a una mayor variación funcional y estructural. Es más, al presentar isomeria posicionales u ópticos es superior. Debido a esa plasticidad y dependiendo del número de anillos en la molécula, puede dividirse en tipos de cadena abierta, de un solo anillo, de tres y cuatro anillos. (Palá P. J. 2002)

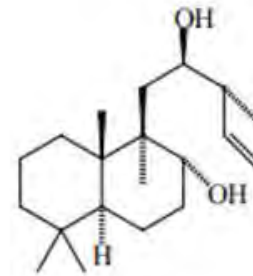


d. Los diterpenos. son otros que pertenece a la familia de terpenoides se muestra en los aceites esenciales juntamente con los sesquiterpenos y los monoterpenos según las circunstancias. Los diterpenos son compuestos con 20 átomos de carbono (cuatro unidades de isopreno), cuyo peso molecular es superior al de los sesquiterpenos y los monoterpenos, y cuya volatilidad es menor. Las propiedades estructurales y moleculares los hacen difíciles la extracción por vapor, cuyo tratamiento más común para la extracción de aceites esenciales. Por esta razón, generalmente no se consideran elementos de

aceites esenciales volátiles porque no todos los diterpenos son extraíbles y no se pueden extraer en su totalidad. A pesar de ello las sustancias que acostumbran aparecer en la esencia, son derivados del esclareol y del labdano. Las figuras muestran los dos diterpenos más comunes en la investigación de aceites esenciales. (Palá P. J. 2002).



Fitol



Esclareol

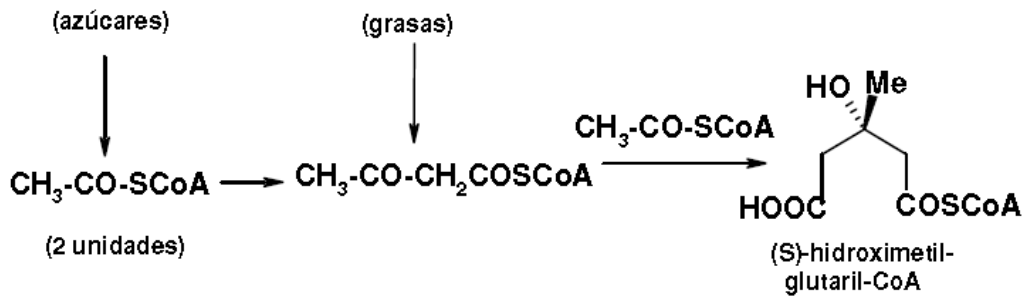
2.2.8. BIOSINTESIS DE TERPENOS

Desde la antigüedad se interesaron por los aceites esenciales, inspirado en su conocimiento, aproximadamente por siglo XIX, cuando se iniciaron el análisis de estas mezclas complejas, que condujeron a la caracterización y aislamiento de sus compuestos. Ahora se ha mostrado que el aceite esencial consiste en componentes metabolitos secundarios o volátiles sintetizados por varias vías metabólicas:

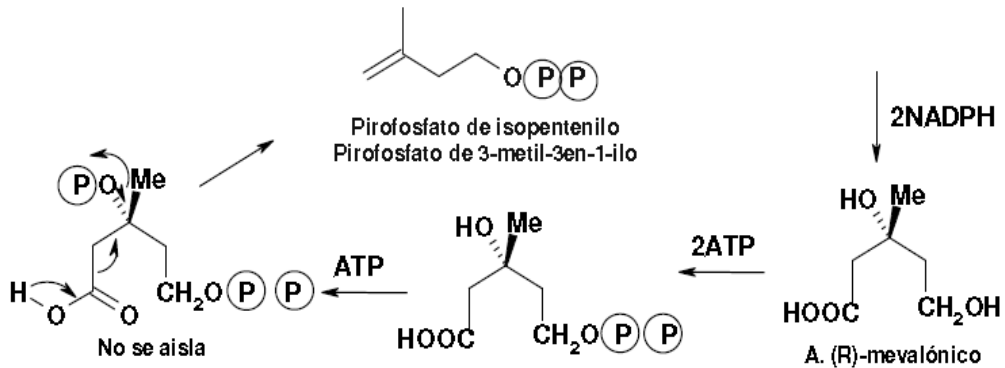
- Vía metabólica de biosíntesis de ácidos grasos: Compuestos alicíclicos.
- Vía metabólica del ácido mevalónico: Terpenoides.
- Vía metabólica del ácido shikímico: Fenil propanoides.

Asimismo, el ácido mevalónico (AMV) fue el principal compuesto identificado involucrado en el resumen de terpenos. La biosíntesis de los terpenos puede comenzar a partir de tres unidades de Acetil-CoA(C₂), que procede de la oxidación de las grasas o de la condensación de dos unidades de Acetil-CoA, a la que sigue una condensación tipo

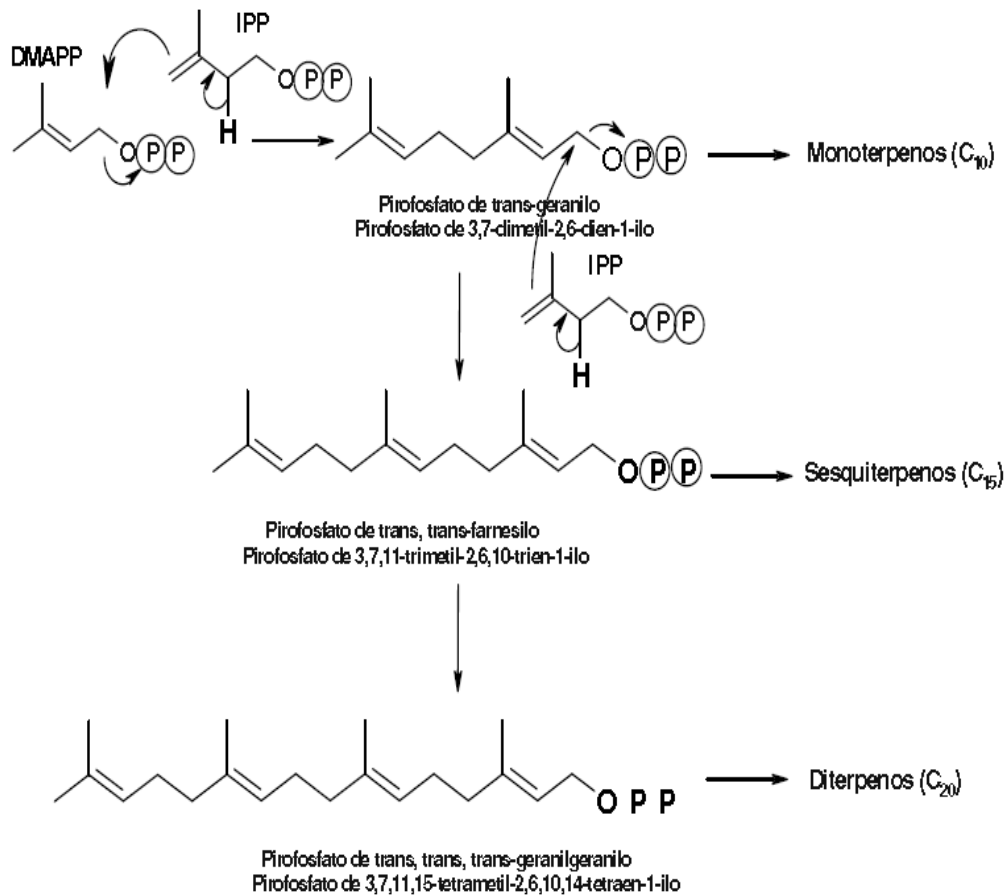
aldólica con otra molécula más para generar ácido mevalónico (A. 3S, 3-metil-glutaril-CoA). El grupo éster de esta molécula es reducido por NADPH produciéndose R-mevalonato en un paso irreversible, por lo que el mevalonato ya sólo puede generar terpenos:



Posteriormente, el mevalonato se convierte en pirofosfato de isopentenilo (pirofosfato de 3-metil-3-buten-1-ilo) por fosforilación con ATP y descarboxilación:



El pirofosfato de isopentenilo (IPP) se transforma fácilmente en terpenos a través de una especie de condensación- polimerización en la que en primer lugar el IPP se isomeriza a pirofosfato de 3-metil-2buten-1-ilo (difosfato de dimetilalilo; DMAPP), compuesto que lleva un grupo saliente muy reactivo (por su condición de alílico al doble enlace).



A continuación, ocurre la condensación entre el IPP y el DMAPP para originar pirofosfato de trans-geranilo (un sesquiterpeno en C₁₀, es decir un monoterpeno). Sucesivas transformaciones repitiendo el esquema primitivo, pero cambiando el IPP por pirofosfato de pirofosfato de trans-farnesilo (C₁₅) y pirofosfato de todo trans-geranylgeranilo (C₂₀), conducen a los precursores de los sesqui- y di-terpenos, respectivamente. De modo totalmente análogo se genera los precursores de los tri- y tetra-terpenos. (Galindo Brito, 2014)

2.2.9. USOS FARMACOLÓGICOS

Por otra parte, algunos aceites esenciales emplean en la industria farmacéutica para obtener diversos principios activos como (anetol, eugenol) o como excipiente y aromatizantes en el acondicionamiento de jarabes, elixires, suspensiones y otras maneras farmacológicas. También en la industria alimentaria se suelen utilizar como aromatizantes en bebidas alcohólicas, algunas de las cuales presentan una toxicidad característica debido a los componentes que traspasa la barrera hematoencefálica y impactan al sistema nervioso central, como es el caso de la tuyona, abundancia en las esencias del ajeno, salvia y tuya. Los efectos farmacológicos de los aceites esenciales, los más notables son:

a) PRODUCTOS COSMÉTICOS

En la cosmética y perfumería los aceites esenciales son muy utilizados. Su uso en perfumería es fundamental al parecer debido a las propiedades olfativas del aceite esencial. Esto significa que se encuentran en multitud de preparaciones, a partir de perfumes para colonias hasta aromas para detergentes de ropa. Su uso en cosmética, también es muy valioso y se apoya en las funciones específicas que ejecutan determinadas esencias sobre la piel, es más como fragancia en diversas elaboraciones cosméticas.

b) AROMATERAPIA

La aromaterapia, directamente relacionada con los aceites esenciales, es un área de la medicina natural se usa principalmente los aceites esenciales con fines de terapia. La palabra aromaterapia fue empleado por el químico francés René Maurice Gatefossé, quien se especializó en la aplicación de esencias en cosmética. Un aporte más importante de la aromaterapia fue la profundización y el procedimiento anti infecciosos a

base de aceites esenciales, en muchos casos logran resultados semejantes a la terapia con antibióticos, pero con menos efectos secundarios y baja resistencia a los medicamentos. En este sentido, cabe destacar la técnica del aromagrama que comprobó experimentalmente los efectos antibacterianos, fungicidas de los aceites esenciales. El proceso es similar a tomar antibióticos (el sistema que se usa para medir la actividad de los antibióticos), excepto que se usan aceites esenciales en lugar de antibióticos. En nuestro país, la falta de una legislación en esta materia que facilite el desarrollo de aplicaciones fantásticas dificulta la labor de los profesionales de la aromaterapia, pues cabe recordar que los aceites esenciales los usos con fines medicinales requiere aprendizaje de criterio, prudencia y sobre todo básico, el conocimiento científico. (López Luegon M., 20049).

c) PODER DE LOS ANTISÉPTICOS

Se manifiesta en asociación con un número grande de bacterias patógenas, e incluso con algunas cepas resistentes a los antibióticos. Algunos aceites esenciales también son efectivos contra hongos inclusive frente a las levaduras (Candida). Compuesto al igual que el citral, el geraniol y el timol tiene un poder desinfectante mucho mayor que el fenol.

d) ACCIÓN ANTIESPASMÓDICO Y ANALGÉSICO

Los aceites esenciales son eficaces en reducir o anular los espasmos gastrointestinales con anetol (de las mentas, de la verbena o de las umbelíferas), a menudo aumentan la secreción de jugo gástrico, de lo que se llaman digestivos y gástricos. Además, pocos aceites esenciales tienen un efecto calmante (melisa, lavanda y valeriana) López L. M. (2004).

2.3. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Se han desarrollado varios métodos de extracción para los aceites esenciales:

- **Por arrastre de vapor**

El método basado en sus propiedades volátiles y la extracción se realiza por corrientes de vapor de agua de la planta como muestra (enteras o trituradas, frescas o secas, sin o con pretratamiento) y después de que el vapor se haya enfriado, separando el aceite por diferencia de densidad. La presión total del sistema será la suma de las presiones de vapor de los componentes de la mezcla orgánica y el agua, sin embargo, si la mezcla de destilado es un hidrocarburo con algo de aceite, la presión de vapor del aceite es muy pequeña se considerará despreciable con la siguiente fórmula:

Fórmula:

$$P = P_a + P_v$$

P_a = Presión de vapor del agua.

P = Presión total.

P_v = Presión de vapor del hidrocarburo.

En otro orden, el punto de ebullición de otro procedimiento es conseguir a la temperatura en la que la presión total del sistema es igual a la presión límite, y dado que dos líquidos juntos alcanzan cierta presión más rápido que cualquiera de las sustancias por separado, la mezcla burbujear a una temperatura más baja que cualquiera de los componentes puros. (Vargas R A, 2008).

- **Por expresión**

Es un procedimiento mecánico, utilizado principalmente en frutos cítricos, en el que se perfora o frota mecánicamente la piel de la fruta para perforar las glándulas excretoras fuera de la corteza. Luego presionando, se estimula la extracción del aceite esencial, seguido realizar una fina pulverización de agua; posteriormente quitar los sólidos, del aceite esencial se aparta por centrifugación la fase acuosa. [comité para la protección de la salud (CD-P-SC) 2016].

- **Extracción con solventes**

Procedimiento que se realiza apoyándose en la solubilidad de los aceites esenciales en un solvente, su selección dependerá de indicadores técnicos y económicos: Selectivo (la capacidad de disolver en relación con sus componentes). Su punto de ebullición no es tan alto, lo que permite eliminar por completo y evitar pérdidas. Operación segura (si es posible no inflamable y no toxico) y de bajo costo. Los solventes más usados son el diclorometano, el etanol, el éter etílico, el pentano y hexano.

- **Extracción con grasas**

Este método utiliza la capacidad liposoluble de los aceites esenciales en la grasa y se utiliza principalmente para extraer aceites esenciales de los pétalos de las flores.

2.4. CROMATOGRAFÍA DE GASES – ESPECTROMETRÍA DE MASAS (GC-MS)

La cromatografía de gases - espectrometría de masas se trata de dos técnicas, GC (“Gas Chromatography”) y MS (“Mass Spectrometry”) dan lugar a una técnica combinada (GC – MS), que permite la identificación y la separación de mezclas complejas. La cromatografía de gases (GC) es una técnica analítica común que se utiliza para separar y analizar compuestos volátiles y semivolátiles de una mezcla. La espectrometría de masas es una técnica microanalítica usada para identificar compuestos desconocidos. Solo necesita una reducida cantidad de muestra para su análisis, la mezcla de compuestos es inyectada en el cromatógrafo de gases, se separa en la columna cromatográfica obteniendo la elución sucesiva de los compuestos individuales aislados que pasan inmediatamente al espectrómetro de masas. La muestra analizada cuyos componentes se registra en forma de pico cromatográfico y se identifica mediante su respectivo espectro de masas, además de facilitar los espectros, actúa como detector cromatográfico al registrar la corriente iónica total generada en la fuente iónica, en cuya presentación gráfica constituye el cromatograma o (“TIC” total ion current). En el caso de mezclas complejas, el cromatograma obtenido puede presentar muchos picos, cuando se desea identificar los componentes se recurre a la técnica de detección SIR (“selected ion recording”), (Gutiérrez Bouzán, 2002)

2.5. RADICALES Y OXIDANTES

Los radicales libres oxidantes IRO, están compuestos por moléculas reactivas derivada del oxígeno de naturaleza predominante oxidante, algunas de tipo radical. La mayoría de las biomoléculas no tiene radicales por naturaleza y exhiben pares de electrones en cada orbital. Así, un radical libre puede definirse como una forma química (molécula o

átomo) que abarca uno o más electrones desapareados. Este hecho hace que estos radicales sean altamente reactivos y capaces de interactuar entre sí y con un gran número de biomolécula. Estos radicales actúan como agente reductor o más comúnmente como radical oxidante (gana electrones, provocando la oxidación de otro compuesto). Una característica fundamental de las reacciones radicales es que actúan como una reacción en cadena, donde la reacción de un radical produce otro en una fila. Entre los IRO que se encuentra principalmente en los sistemas biológicos, encontramos: O_2^- (anión superóxido), H_2O_2 (agua oxigenada), $\cdot OH$ (radical hidróxido), OH^- (anión hidróxido), ClO^- (hipoclorito) (Casado, 1996). Radicales oxidantes más comunes, donde se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Radicales oxidantes más comunes en el organismo humano.

Radical	Clase
O_2^-	Anión superóxido
HO_2	Radical perhidroxi
H_2O_2	Peróxido de hidrógeno
$OH\cdot$	Radical hidroxilo
$RO\cdot$	Radical alkoxy
$ROO\cdot$	Radical peroxi
1O_2	Oxígeno singlete

Fuente: (Paredes Salido, 2002)

La oxidación de biomoléculas, tejidos y membranas es provocada por especies reactivas de oxígeno y mediada por radicales libres. Es una de las causas del aumento de la repercusión de enfermedades degenerativas en los seres humanos. El metabolismo

oxidativo, es un proceso biológico normal, puede producir radicales libres, incluidas especie de oxígeno reactivo incluyen el peróxido de hidrogeno (H_2O_2), el radical óxido nítrico (NO) el oxígeno singulete (1O_2) y el radical superóxido (O_2^\ominus). Es más, los rayos cósmicos y la radiación electromagnética de longitud de onda corta (como los rayos gama) pueden descomponer el agua del cuerpo para producir el radical hidroxilo, OH^\cdot . Una vez generado, este radical débilmente reactivo ataca a las moléculas cercanas, su vida media es muy corta y reacciona en su origen, dejando atrás una serie de reacciones en cadena de radicales libres. (Castañeda, 2008)

2.6. ANTIOXIDANTES

La capacidad antioxidante de las células es proporcionada por un mecanismo por el cual las células suprimen su movimiento y/o inhiben la producción de sus radicales libres. Estos instrumentos son acordes con la vida media muy corta de los radicales libres e involucran pequeñas moléculas endógenas y extrínsecas con actividad antioxidante. El antioxidante exógeno se obtiene de la ingesta y este grupo incluyen a los carotenoides y la vitamina C. La vitamina E es el antioxidante lipofílico más abundante, la vitamina C un antioxidante soluble en agua y se encuentra en abundancia en la sangre (Castañeda, 2008)

La bibliografía reporta también que muchos estudios sobre nutrición humana han relacionado fuertemente la dieta de verduras y frutas con un bajo contenido de colesterol en un menor efecto de enfermedades crónico degenerativas debido a la presencia de fibras, minerales, vitaminas y antioxidantes naturales De igual forma, el estrés oxidativo está asociado con la etiología de muchas afecciones humanas, entre ellas: artritis, cáncer, arterioesclerosis, demencia, etc. (Casado, 1996). Las sustancias antioxidantes

están siendo estudiadas intensamente, especialmente para el tratamiento de trastornos cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas.

Las especies Reactivas de Oxígeno (ROS) están asociadas con varias enfermedades como las enfermedades cardíacas, el cáncer y el envejecimiento natural de los humanos.

Los problemas que causan incluye destrucción de la pared celular, inactivación de enzimas, inmunidad debilitada, cambios en el daño del material genético y en el sistema inmunológico, (Pin99).

2.7. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En la actualidad todavía no se tiene un método universalmente aceptado para medir la capacidad antioxidante, debido en parte a las diferencias en las que se desarrollaron estos métodos, así como a la complejidad del sistema y la diversidad de la matriz que se debe utilizar. La tabla 3 resume sus características de los métodos más comunes para medir la capacidad antioxidante, luego se explica detalladamente las características de cada método, enfatizando el principio de acción, desventajas y ventajas. En general, hay varias formas de clasificar los métodos para medir la capacidad antioxidante. Uno se apoya en métodos de clasificación como indirectos y directos, mientras que el otro los clasifica según el mecanismo por el cual se producen los antioxidantes (Londoño, 2011). En la tabla 3, se observa al comparar los métodos para medir la capacidad antioxidante con base en el uso de instrumentos requeridos a la relevancia biológica, el punto final método cuantificación, capacidad de reacción y mecanismo antioxidante para antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos.

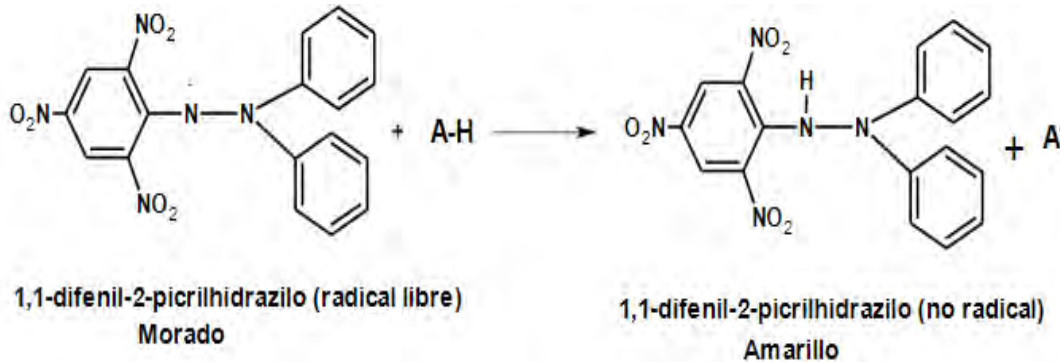
Tabla 3. Métodos para la determinación de capacidad antioxidante.

Método	Instrumen- tación	Relevancia Biológica	Meca- nismo	Punto final	Cuantifica- ción	Lipofilos- hidrofilos
CARO	-	+++	TAH	Tiempo	ABC	+++
PATAR	++	+++	TAH	Fase de inducción	CE ₅₀ , Fase de inducción	--
CRHF	---	--	TE	Tiempo	Absorbancia	---
ABTS	-	-	TE- TAH	Tiempo	Absorbancia	+++
DPPH	-	-	TEH- TAH	Tiempo	Absorbancia CE ₅₀	-
Peroxidación lipídica LDL	--	+++	TAH	Fase de inducción	Tiempo de inducción, dienes conjugados, SRAT	---

- De la más (+ + +) a la menos (- - -) especializado.
- Del más (+ + +) al menos (- - -) relevante.
- TAH: Transferencia de Átomo de Hidrogeno, TE: transferencia de electrones.
- ABC: Área Bajo la curva, CE₅₀: Concentración efectiva, SRT: Sustancia Tiobarbitúrico.
- Del más (+ + +) al menos (- - -) adaptable.

2.8. MÉTODO DPPH (Difenil Picril Hidrozilo). Este experimento fue planteado originalmente por Brand Williams. El DPPH• es uno de los pocos radicales orgánicos estables, tiene un fuerte color púrpura, está disponible en el mercado y no necesita generarse inmediatamente como ABTS•. La prueba se basa en medir la capacidad de los antioxidantes para estabilizar el radical DPPH. Cuya medida se puede realizar espectrofotométricamente después del abatimiento de la absorbancia a 517nm. Se

considera que la reacción de fijación se lleva a cabo principalmente por el mecanismo TE, con una pequeña contribución de TAH.



Estructura del radical DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante

El resultado generalmente se expresa en EC_{50} , que es la concentración del antioxidante requerida para establecerse el 50% de DPPH•. En cambio, han brotado otros criterios, como la eficacia anti-radicalaria (EA) que se basa en la cinética de reacción y está relacionada, igualmente las concentraciones de antioxidantes, con el tiempo necesario para ejercer su efecto. Entre las ventajas de este método se encuentran la sencillez y el bajo rendimiento de la herramienta; sin embargo, entre los inconvenientes se encuentra la dificultad de interpretar los resultados cuando se tiene material cuyo espectro de absorción coincide con el del material original; además, DPPH• es un radical nitrogenado estable a diferencia de una especie reactiva de interés biológico; efectivamente, muchos antioxidantes que reaccionan rápidamente con los radicales peroxilo no reaccionan con el DPPH•, debido al obstáculo a la división que presenta la estructura química que rodea al radical, lo que significa que las sustancias más pequeñas suelen mostrar una actividad mayor, (Londoño, 2011).

En general la absorbancia decrece prontamente durante los primeros minutos debido a la reacción de los compuestos polifenoles frente al radical DPPH^o, donde la transferencia de los átomos de hidrogeno al radical son con más facilidad de donación. A esto sigue una etapa de caída más lento hasta el equilibrio, debido a la actividad sobrante de degradación y de los productos de oxidación (Guija, 2015).

2.9. TERPENOS CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

El estragol, el trans-anetol, el timol y el carvacrol son componentes representativos de los aceites esenciales apartado de diferentes plantas aromáticas. Las sustancias se usan principalmente como aromatizantes, conservantes en nutrición, saborizantes en la medicina, en la industria alimentaria, bebidas alcohólica y farmacéutica; además, se utilizan en la fabricación de jabones, detergentes y perfumes. Estos compuestos y los aceites esenciales que muestran una variedad de diversidades biológicas que van desde actividades anti-inflamatorias, anti-bacterianas, anti-fúngicas, insecticidas, anestésicas y antioxidantes. Hoy por hoy, existen un interés creciente en encontrar antioxidantes de fuentes naturales, para su uso en medicinas o alimentos para reemplazar los antioxidantes sintéticos, que son cada vez más limitados debido a los efectos cancerígenos potenciales. Los aceites esenciales con capacidad antioxidante por medio de la prueba ABTS⁺, como lo fenólicos (ricos en timol y carvacrol), los aceites esenciales ricos en éter (estragol y trans-anetol), en orden descendente son: AE *plectranthus* ≥ AE *Lippia origanoide* >> AE *Thymus vulgaris* > AE *Lippia micromera* >>>AE *Tagetes Lucida* (flores) > AE *Ocimum sp.* > AE *Tagetes lucida* (hojas) > AE *Illicium verum* > AE *Tagetes filifolia* (Cenivam) > AE *Foeniculum vulgare*. (Muñoz Acevedo, 2009)

Se ha estudiado la actividad antioxidante de los aceites esenciales del género *Lippia* comparando con los de alfa-tocoferol o el BHT, se usan generalmente como antioxidante en productos comerciales para consumo humano. Algunas especies tiene una utilidad aproximadamente alto (1,5% – 4,4%), juntamente con su alta capacidad antioxidante, lo que hace que los aceites esenciales sean buenos para reemplazar los antioxidantes sintéticos. (Stashenko, 2014)

León (2015), estudiaron el aceite esencial del orégano francés (*plectranthus amboinicus* L.), cuyo rendimiento osciló entre 0,05% y 0,78%, estos aceites presentaron alto contenido de monoterpenos oxigenados con reconocida actividad antioxidante, como el timol y el carvacrol. Este aceite esencial se considera promisorio para diseñar productos magistrales con actividad antioxidante.

CAPITULO III

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo descriptivo y experimental que relaciona el porcentaje de extracción del aceite esencial, con los parámetros físico-químicos más comunes, la composición química, y la capacidad antioxidante del aceite esencial.

3.1. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES

Equipos

- Balanza analítica; LX220 A scs.
- Destilador de agua; GFL.
- El cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas; Term scientific, Trace 1310, ISQ QD.
- El espectrofotómetro UV-Visible; Termo SCIENTIFIC, Evolution 220.
- Equipo de destilación por arrastre de vapor de agua.
- Estufa; memmert Expert in Thermostatic.
- Manta de calentamiento: ISOLA; Laborgeräte GmbH
- Picnómetro (5mL).
- Polarímetro; ATGO POLAX-2L
- Refractómetro; Abbe
- Refrigerador; ILSHIN Modelo N^o CC0123

Reactivos

- Acetato de etilo ($C_4H_8O_2$).
- Acetona (C_3H_6O) QP.
- Ácido clorhídrico (HCl).
- Agua destilada
- Cloroformo ($CHCl_3$) QP.
- El Reactivo 1,1-difenil-2-picrihidracil (DPPH).
- El reactivo Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox).
- El sulfato de sodio anhidro Na_2SO_4 al 0,2%
- Etanol absoluto
- Etanol de 40° y 70° (C_2H_5-OH).
- Hexano (C_6H_{14}) QP.
- Hidróxido de potasio (KOH).
- La Solución de fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$).
- Metanol (CH_3-OH) QP:

Materiales volumétricos

- Bureta 100mL.
- Cubetas de cuarzo de 1cm.
- Matraz aforado de 25mL, 50mL, 100mL.
- Matraz Erlenmeyer 100mL.
- Pipetas 1mL, 2mL, 5mL, y 10mL.
- Probetas 10mL, 50mL, 100mL.

- Tubos de ensayo pírrex con tapón de rosca 15mL.
- Vasos de precipitación 50mL.

Otros

- Bagueta de vidrio.
- Embudo de vidrio.
- Gradilla.
- Papel aluminio.
- Pipetas Pasteur 1mL.
- Soporte universal.

3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

3.2.1. MATERIAL BOTÁNICO

Flores, hojas y tallos frescos de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

a) TAMAÑO DE MUESTRA

Se recolecto 500 gr de material vegetal de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

b) TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

La recolección se realizó en forma aleatoria simple, el *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, es colectada de la parte alta de Centro Arqueológico de Tambomachay Cusco. La planta

entera entre hojas, flores y tallos, fue llevado al HERBARIO VARGAS (CUZ) de la UNSAAC para su identificación botánica.

c) Ubicación política

Región : Cusco
Departamento : Cusco
Provincia : Cusco
Distrito : Cusco

d) Ubicación geográfica

Altitud : 3 700 msnm
Latitud : 13°28'44.94"
Longitud : 71°58' 2.72"
Superficie : 450 m²

3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1. EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

Se extrajo el aceite esencial mediante el método de arrastre de vapor (inyección de vapor agua).

Las flores, hojas, y tallos se cortaron en pedazos de los cuales se pesó, se colocaron en un balón de base plana, después se inyectó vapor de agua, realizando el arrastre de vapor durante dos horas, al ser extraído se procedió a deshidratar con el reactivo sulfato de sodio anhidro para realizar el almacenamiento en un frasco de color ámbar, después de la extracción del aceite esencial se calculó el porcentaje.

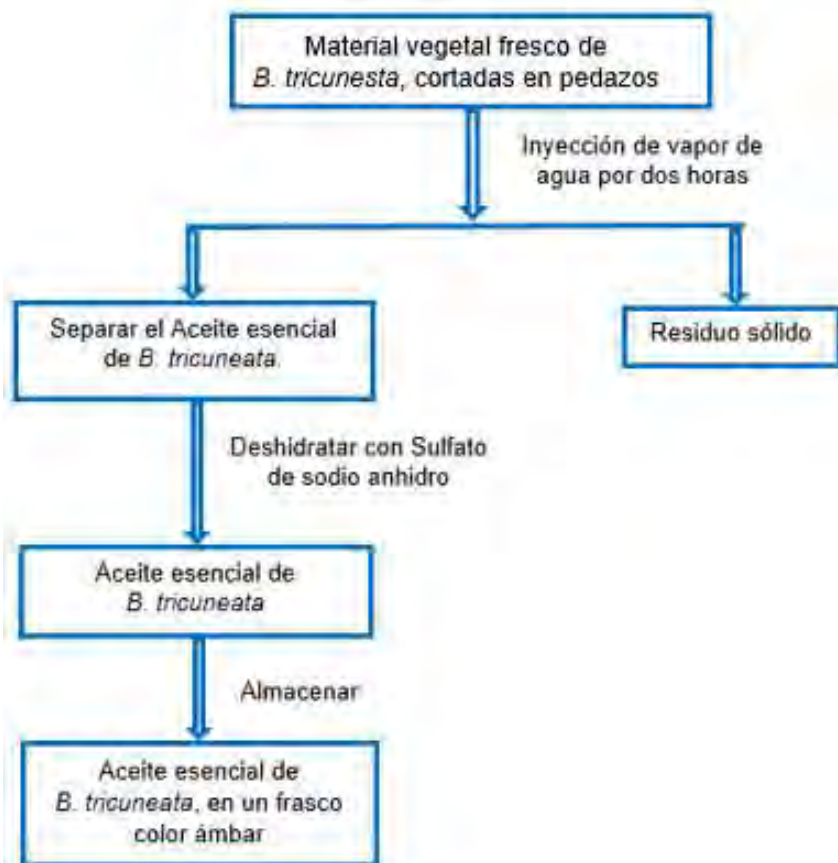


Figura 2. Diagrama de flujo
Fuente: Propia

3.3.2. PARAMETROS FISICOQUÍMICOS DEL ACEITE ESENCIAL

Para la interpretación química y física del aceite esencial *Baccharis tricuneata*(L. f.) Pers se realizó métodos estandarizados, como las normas nacionales de INDECOPI, las normas internacionales AOAC, ASTM y consulta de la bibliografía especializada. (Rodas, 2012), (Chavez, 2002), (Tomaylla C., 2016).

a. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA

FUNDAMENTO

Esta relación entre el peso de un volumen dado de aceite esencial a 20°C y un volumen de agua destilada a la misma temperatura. (Chavez, 2002)

MÉTODO: Del Picnómetro.

$$\text{Formula } \vartheta = \frac{P_2 - p}{P_1 - p}$$

ϑ = Densidad

P = Masa en gramos del picnómetro vacío.

P₁ = Masa en gramos del picnómetro lleno con agua destilada a 20°C.

P₂ = Masa en gramos del picnómetro lleno con aceite esencial a 20°C.

PROCEDIMIENTO

Se limpió el picnómetro con etanol, se pesó el picnómetro vacío, limpio y seco, para llenar con agua destilada evitando la formación de burbujas de aire, se colocó el termómetro y se dejó destapado la rama del capilar, se colocó el picnómetro en baño maría a una temperatura de 20°C, durante 30 minutos, cuando alcanzó la temperatura deseada, se enrazó la rama capilar del picnómetro con agua destilada, a la misma temperatura se tapó y pesó. De la misma forma se repitió el procedimiento con el aceite esencial.

TÉCNICA: Norma INDECOPI 279
(INDECOPI, ACEITES ESENCIALES, Determinación de la densidad relativa , 2011)

b. ÍNDICE DE REFRACCIÓN

FUNDAMENTO

El índice de refracción ayuda a determinar la relación entre la velocidad de la luz en el aire y la velocidad de una muestra líquida de aceite esencial.

METODO: Del refractómetro de Abbe

PROCEDIMIENTO

Se calibró el refractómetro con agua destilada, antes de colocar la muestra, se puso en circulación el agua destilada a la temperatura deseada, generalmente a 20°C, a través de los prismas de refracción ABBE, comprobar que el refractómetro dé la lectura correcta del índice de refracción del agua destilada a 20°C y leer. Colocar una gota de aceite

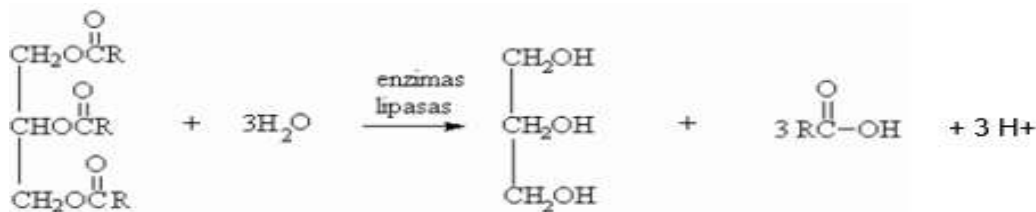
esencial en los prismas limpios y secos, esperar a que se establezca la temperatura a 20°C para leer el índice de refracción.

TÉCNICA: Norma INDECOPI 319.075.
(INDECOPI, ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de refracción NTP-ISO 280, 2011)

c. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ

FUNDAMENTO

El índice de acidez es el contenido de ácidos grasos libre de un aceite esencial y se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gramo de aceite esencial. (Vargas R A, 2008).



El índice de acidez se determina por titulación con una solución de KOH de concentración conocida con presencia de un indicador utilizando etanol para solubilizar el aceite esencial.

METODO: Volumétrico, titulación ácida – base.

$$\text{Fórmula} \quad \text{IA} = \frac{56.1 \times V \times Z}{M}$$

V = mL de KOH gastado.

Z = Normalidad de KOH 0.112N

56.11 = Meq. de KOH en gramos

PROCEDIMIENTO

Se pesó en un matraz Erlenmeyer de 100mL 0.4 gramos de aceite esencial, se agregó 5mL de alcohol neutralizado, luego se agregó dos gotas de indicador fenolftaleína al 0.1%, en seguida se tituló con una solución estándar de hidróxido de potasio 0.112N, agitando suavemente el matraz Erlenmeyer, hasta la aparición de un ligero color rosado con persistencia de 10 segundos.

TECNICA. Norma INDECOPI 319.085
(INDECOPI, ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez
NTP 319.085 , 2016)

d. DETERMINACIÓN DE LA ROTACIÓN ÓPTICA

FUNDAMENTO

Es la rotación del plano de polarización cuando un haz de luz polarizada atraviesa un material ópticamente activo, formado por el ángulo alfa, formado por el plano de polarización del haz incidente y el haz emergente en la sustancia, se denomina ángulo de rotación óptica.

MÉTODO: El polarímetro.

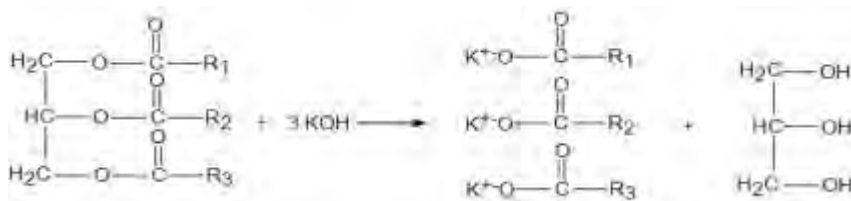
PROCEDIMIENTO

Se preparó una solución del aceite esencial al 1% en etanol absoluto de *Baccharis tricuneata* (L. f) Pers. El instrumento se calibró con etanol absoluto. El tubo del polarímetro con un 1dm de largo y capacidad de 10mL, se llenó con el aceite esencial, a la temperatura de 20°C, y se midió la rotación óptica en el polarímetro.

e. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

FUNDAMENTO

El método de índice de saponificación tiene como finalidad determinar el contenido en esteres que existe en un aceite esencial, generalmente se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio consumidos por un gramo de grasa.



MÉTODO: Volumétrico, titulación ácido – base.

$$\text{Formula} \quad IS = \frac{56.11 \times N(V - V')}{M}$$

N = Normalidad de HCl 0.1N.

56.11 = Meq. de KOH en mg.

V' = Volumen en mL de HCl en la muestra.

V = Volumen en mL de HCl en el blanco.

M = Peso de muestra en gramos.

PRODEDIMIENTO

Se pesó 0.5 gramos de aceite esencial en un matraz de 100mL de vidrio resistente a los ácidos, mediante una bureta se agregó 15 mL de solución etanólica de hidróxido de potasio 0.1N, y se calentó sobre baño de vapor con reflujo durante 30 minutos, se enfrió y se añadió dos gotas del indicador fenolftaleína al 0.1%, enseguida desde una bureta se añadió una solución estándar de ácido clorhídrico 0.1N hasta el cambio de viraje de color amarillo, realizar la titulación en blanco, con una muestra de aceite esencial sin hidrolizar.

f. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

Están relacionadas con la composición y la polaridad de los componentes como por ejemplo los terpenos y la facilidad con la que se forma una mezcla homogénea entre los solventes y los componentes del aceite esencial.

FUNDAMENTO

Los aceites esenciales, dependiendo de la polaridad y de la estructura de sus componentes, a temperatura ambiente, son capaces de formar mezclas homogéneas con diversas soluciones de etanol de concentraciones conocidas y solventes químicamente puros. (Rodas, 2012).

MÉTODO: Se utilizó los solventes en orden decreciente de su polaridad: agua, metanol, etanol 40%, etanol 70%, etanol absoluto, acetato de etilo, acetona, cloroformo y hexano.

PROCEDIMIENTO

Se mezcló 0,2mL de aceite esencial con 1mL de diferentes solventes, estas pruebas se realizaron por tres veces, en condiciones normales.

3.3.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Se determinó utilizando el cromatógrafo de gases – espectrometría de masas, cromatógrafo Modelo Agilent Technologies 6890N Network GC – Sistem acoplado a un espectrómetro de masas Modelo Agilent Technologies 5975B InertXL EI/CI MSD, en el laboratorio de Control de Calidad de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, con una columna capilar HP-5MS (polimetil xiloxano 19091S-133) de 30 metros, la muestra del aceite esencial de *Baccharis tricuneata(L. f.)Pers*, se inyectó 1uL diluido con etanol absoluto 1:3 para su identificación, cuantificación y separación de la composición química del aceite esencial, la identificación se realizó con librería Nist 11.

3.4.4 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

FUNDAMENTO

El DPPH se conoce como un radical estable debido al movimiento de un electrón desapareado sobre la molécula completa. El movimiento del electrón también aumenta la coloración purpura oscuro característico del radical absorbente en metanol a 517nm. Aunque una solución de DPPH reacciona con un antioxidante que puede producir un átomo de hidrogeno, el color cambia de purpura a amarillo o transparente. La alteración de color es monitoreada por espectrometría y usado para determinar la actividad antioxidante de diferentes sustancias. El resultado se expresa como coeficiente de inhibición (IC_{50}), en porcentaje de absorción y mg/Equivalentes de Trolox o vitamina C. (comparando con estándares) (Brand-Williams W, 1995).

PROCEDIMIENTO

Se pesó 2,3 mg de DPPH y fueron disolver en 100 mL de metanol, para obtener una solución 0,06 mM, (Brand-William *et al* 1995). El radical preparado es estable durante 12 horas a temperatura ambiente y protegido con papel aluminio de la luz. Se preparó una solución Trolox, 2mM en metanol y después se preparó las soluciones estándar de concentración: 0.05mM, 0.2mM, 0.5mM, 1mM en metanol, para elaborar la curva patrón estándar referida al porcentaje de inhibición (IC_{50}), con respecto a las diferentes concentraciones de Trolox. Se midió la absorbancia de 2,9 mL de DPPH^o (0,06mM), en cubeta de cuarzo estándar de 1cm, a 517nm de longitud de onda, obteniéndose así el valor de la absorbancia a tiempo cero. Después se adicionó 100 μ L de las diferentes concentraciones de Trolox, para medir las absorbancias cada quince minutos, durante

una hora (hasta alcanzar el equilibrio), por tanto, se puede calcular el valor de la absorbancia final obtenida, en porcentaje de inhibición. Esto demuestra que todos los compuestos antioxidantes interaccionan con el radical DPPH.

Se preparó tres diluciones en metanol del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.), se calculó las concentraciones para la determinación de la actividad antioxidante en miligramos/mililitro (mg/mL), donde se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Las diluciones en metanol

Dilución	Aceite/metanol	mg/mL
1	1:10	0,0802
2	1:5	0,1605
3	1:3	0,2675

Fuente: Propia

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL

En la tabla 5 se muestra los resultados de la extracción del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, en porcentaje.

Tabla 5. Porcentaje de extracción del aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

<i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers.			
Extracto	w muestra (g)	v(mL)	% de extracción
1	860	1,00	0,12
2	723	1,10	0,15
3	642	1,04	0,16
Promedio			0,14

V = Volumen del aceite esencial. W = Peso de la muestra (gr).

Fuente: Propia

La extracción del aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f) Pers, de acuerdo al resultado de la tabla 5, tiene un promedio de 0,14% p/v de rendimiento, que comparado con los resultados de (Ortuño Saca, 2019) quien investigo el aceite esencial de *B. latifolia*, obtuvo un porcentaje de extracción de 0,19% p/v, sin embargo, (Prado, 2003) encontró un rendimiento de aceite esencial de *Baccharis tandilensis* Speg (chilca) de 1,25% para el ejemplar masculino y 0,85% para el femenino, este indica que *B. tricuneata* tiene bajo porcentaje de extracción del aceite esencial en comparación a la chilca.

4.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL

Se puede observar en la tabla 6 las propiedades fisicoquímicas para el aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial *B. tricuneata*

	<i>B. tricuneata</i>
Apariencia	Líquido claro aceitoso
Color	Transparente
Olor	Característico
Densidad relativa g/mL	0,8026 g/mL
Índice de refracción	1,4934
Índice de acidez	8.321 (mg KOH/g aceite)
Rotación óptica	0,021°
Índice de saponificación	12.45 (mg KOH/g aceite)

Los componentes del aceite esencial de *B. tricuneata* indujo a una rotación óptica levógira, este resultado nos indica que los compuestos químicos del aceite esencial tienen centros asimétricos. El valor de la densidad de la muestra está en los rangos normales. El índice de saponificación es bajo lo cual indica que presenta en su composición ésteres en menor proporción, estas propiedades también son parecido a los estudios de (Molares, 2009) que estudia propiedades fisicoquímicas del género *Baccharis*.

4.3. SOLUBILIDAD DEL ACEITE ESENCIAL

Los resultados de tabla 7 respecto a las pruebas de solubilidad en diferentes disolventes que se han ensayado de acuerdo al orden decreciente de su polaridad, muestran que el aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, es poco soluble en solventes polares.

Tabla 7. Resultados de la solubilidad del aceite esencial *B. tricuneata*

Disolvente	<i>B. tricuneata</i>
H ₂ O	-
Metanol	+
Etanol 40%	+
Etanol 70%	+
Etanol absoluto	+ + +
Acetato de etilo	+ + +
Acetona	+ + +
Cloroformo	+ + +
Hexano	+ + +

Leyenda: Insoluble = - ; Poco soluble = + ; Soluble = + + ; Muy soluble = + + +

Estos resultados indican que el aceite esencial de *B. tricuneata* es muy soluble en disolventes medianamente apolares probablemente (etanol absoluto, acetona cloroformo), pero, insoluble en disolvente con alta polaridad como el metanol, el agua y las soluciones etanolicas (40%, 70%). Lo que permite afirmar que el aceite esencial tiene una gran cantidad de componentes medianamente polares, como son los terpenos gamma.-Muuroleno; 1,5,9-Cyclodocatrieno,1,5,9-trimethyl; Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene,(1S), Naphthaleno,1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethenyl)-(1S-cis)-, como componentes mayoritarios.

4.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL

La composición química cualitativa y cuantitativa del aceite esencial *B. tricuneata*, se determinó por GC-MS. El perfil cromatógrafo es interpretado por el número de picos, donde cada pico representa un componente a diferentes tiempos de retención, tal como se muestra en la figura 4.

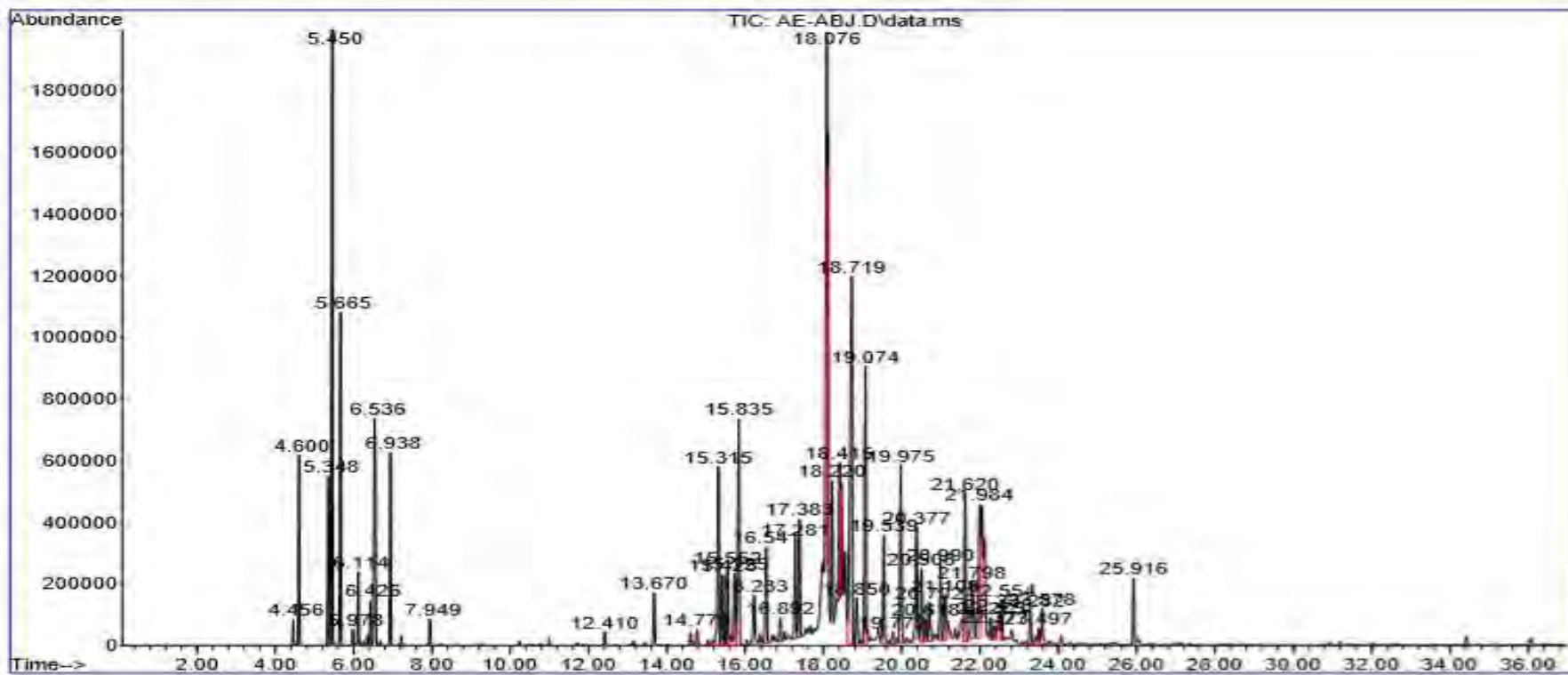


Figura 3. Cromatograma GC-MS del aceite esencial de *B. tricuneata*.

La cuantificación de sus componentes se realizó con el instrumento por integración del área debajo de cada pico. cuyos tiempos de retención (RT) y el porcentaje de abundancia, se observa en la tabla 8. La identificación de los componentes del aceite esencial se determinó en comparación a los datos estándar de referencia correspondientes a los espectros de masas de la base de datos de la librería NIST 11L del instrumento.

Tabla 8. Composición química del aceite esencial de *B. tricuneata*.

N°	TR en minuto	NOMBRE DE LOS COMPUESTOS	% DE ABUNDANCIA
1	4.46	α -Thujeno	0.2673
2	4.60	alpha.-Pineno	2.0374
3	5.35	Sabineno	2.1809
4	5.45	Bicyclo[3.1.1]heptano, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	8.1834
5	5.67	beta.-Myrceno	3.9475
6	5.98	alpha.-Phellandreno	0.2096
7	6.11	(+)-3-Careno	0.8835
8	6.43	o-Cymeno	0.5767
9	6.54	D-Limoneno	4.0442
10	6.94	.beta.-Ocimeno	2.4034
11	7.95	Cyclohexeno, 1-methyl-4-(1-methylethylideno)-	0.3959
12	12.41	Bicyclo[3.1.1]hept-2-en-6-ol, 2,7,7-trimethyl-, acetate, [1S-(1.alpha.,5.alpha.,6.beta.)]-	0.2171
13	13.67	trans-p-mentha-1(7),8-dien-2-ol	0.8257
14	14.77	Tricyclo[5.4.0.0(2,8)]undec-9-ene, 2,6,6,9-tetramethyl-, (1R,2S,7R,8R)-	0.2614
15	15.32	Ylangeno	3.1322
16	15.43	.alpha. -Copaeno	1.0688
17	15.55	9-Methyltetracyclo[7.3.1.0(2.7).1(7.11)]tetradecano	1.3136
18	15.73	Berkheyaraduleno	1.1401
19	15.84	Cyclohexano, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]-	4.3324
20	16.23	4-(2', 4', 4'-trimethyl-yciclo[4.1.0]hept-2'-en-3'-yl)-3-buten-2-one	1.1647
21	16.54	Caryophylleno	1.713
22	16.89	1,3,6,10-Dodecatetraeno, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)-	0.4144
23	17.28	1H-Benzocyclohepteno, 2,4a,5,6,7,8,9,9a-octahydro-3,5,5-trimethyl-9-methylene-, (4aS-cis)-	1.6864
24	17.38	Humuleno	2.0005
25	18.08	.gamma.-Muurolene	10.128
26	18.22	Naphthaleno, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethenyl)-, [4aR-(4a.alpha.,7.alpha.,8a.beta.)]-	2.1328

27	18.41	Naphthalene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,8a-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,7.beta.,8a.alpha.)]-	2.7701
28	18.72	1,5,9-Cyclododecatrieno, 1,5,9-trimethyl-	9.6126
29	18.85	Naphthaleno, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	0.9617
30	19.07	Naphthaleno, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	5.1946
31	19.54	.alpha.-Calacoreno	1.8717
32	19.77	4(1H)-Azulenono, octahydro-1-metileno-, trans-	0.3074
33	19.98	1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, (E)-	3.2745
34	20.38	1H-Cycloprop[e]azuleno-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-metileno-, [1aR-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]-	2.1588
35	20.51	Alloaromadendrene	1.3161
36	20.62	1H-Cycloprop[e]azuleno, decahydro-1,1,4,7-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,4.beta.,4a.beta.,7.beta.,7a.beta.,7b.alpha.)]-	0.4012
37	20.70	Copaeno	0.8079
38	20.99	1,6-Cyclodecadieno, 1-metil-5-metileno-8-(1-metileno)-, [S-(E,E)]-	1.3932
39	21.11	3-Ciclohexen-1-carboxaldehido, 3,4-dimethyl-	1.1212
40	21.62	4-epi-cubedol	2.8447
41	21.80	Alloaromadendreno oxide-(1)	1.43
42	21.98	Tricyclo[5.4.0.0(2,8)]undec-9-eno, 2,6,6,9-tetramethyl-, (1R,2S,7R,8R)-	3.4645
43	22.28	Cicloheptano, 4-metileno-1-metil-2-(2-metil-1-propen-1-yl)-1-vinil-	0.3603
44	22.38	1,Z-5,E-7-Dodecatrieno	0.3091
45	22.48	Caryophyllo	0.3004
46	22.55	Naphthaleno, 1,6-dimethyl-4-(1-metileno)-	0.6591
47	23.28	Tricyclo[5.2.2.0(1,6)]undecan-3-ol, 2-metileno-6,8,8-trimethyl-	0.628
48	23.50	Isoaromadendreno epoxido	0.3043
49	23.58	1,3,3-Trimetil-2-hidroximetil-3,3-dimetil-4-(3-metilbut-2-enil)-ciclohexeno	0.7289
50	25.92	Bicyclo[3.1.1]heptano, 2,6,6-trimethyl-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-	1.1188

Nota: TR, tiempo de retención en minuto. Los TR se determinó en una columna DB-5 MS, marca HP-INNOWax.

Según los porcentajes de abundancia se consideran cuatro componentes como los más abundantes: gamma.-Muroleno, 10,128%; 1,5,9-Cyclododecatrieno, 1,5,9-trimethyl, 9.6126%; Bicyclo[3.1.1]heptano, 6,6-dimethyl-2-metileno,(1S), 8,1834%; Naphthaleno, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-metileno)-1S-cis)-(1S-cis)-, 5,1946%.

Distribución de los diferentes grupos químicos en porcentaje son: Hidrocarburos (H) 66%, Monoterpenos (M) 16%, Sesquiterpenos (S) 14% y monomeros (m) 4%, donde se observa en la figura 5.

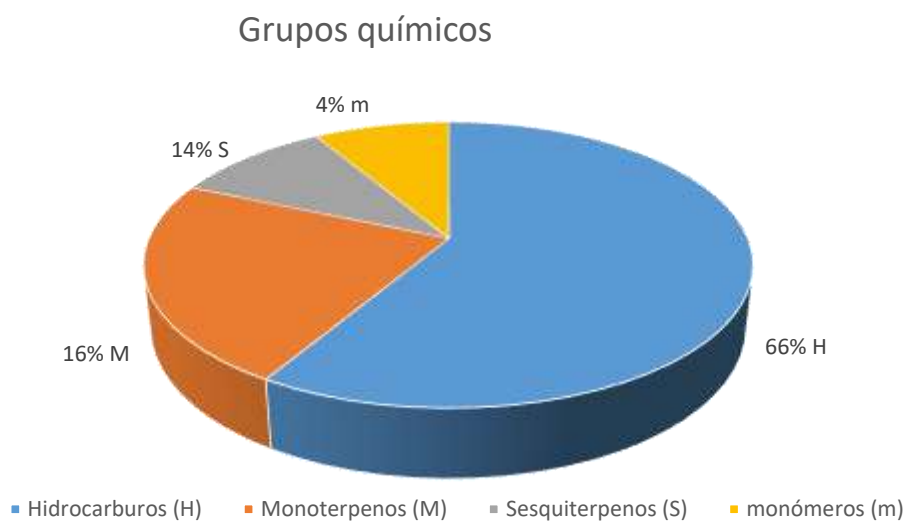


Figura 4. Distribución de los diferentes grupos químicos

El aceite esencial de *B. tricuneata*, tiene 50 componentes, los cuales se encuentra a bajas concentraciones, en comparación con otras especies de genero *Baccharis*, según (Ortuño Saca, 2019) en un estudio de aceite esencial de *B. latifolia* (Chilca), cuantifica 18,12% para el α -felandreno, 17,15% para el Limoneno, 10% para Norhalkendin y 6% para el enecalinalol esto demuestra concentraciones relativamente altas en comparación a los resultados de la presente investigación. Según el reporte de (Prado, 2003). La parte en flor cosechadas en primavera, y obtenidas tanto de ejemplares masculinos (M), como femeninos (F), encontrados en *Baccharis tandilensis*, (33,1% en M y 30% en F) para β -pineno, (7,4% en M y 4,5% en F) para α -pineno y (3,7% en M y 12,3% en F) para el Limoneno, solamente el componente de limoneno es parecido en su porcentaje de abundancia los demás no se asemeja por ser de otra especie. Siendo esto el porcentaje no muy similares a las obtenidas por que el *Baccharis tricuneata* (L. f) Pers es una especie no muy estudiada sobre su aceite esencial.

4.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL

4.5.1. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DE DPPH CON EL ESTÁNDAR TROLOX

En la tabla 9 se observa el porcentaje inhibición del DPPH con estándar Trolox a distintas concentraciones: 0.05 mM, 0.2 mM, 0.5 mM y 1mM.

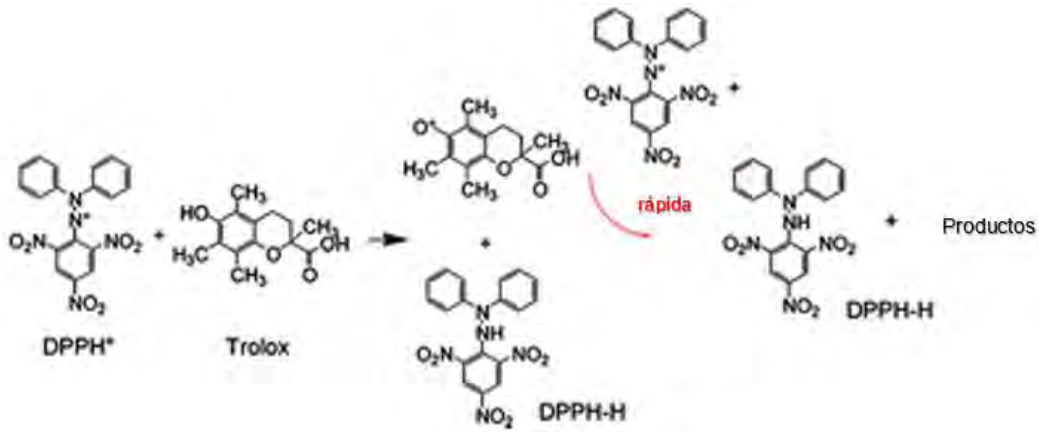


Tabla 9. Porcentaje de inhibición del estándar Trolox

	mg/mL	0 min absorbancia	15 min absorbancia	30 min absorbancia	45 min absorbancia	60 min absorbancia	% de inhibición
DPPH	0.000	0,5048	0,4953	0,4946	0,4936	0,4923	
Estándar 1	0.01997	0,4431	0,4407	0,4395	0,4317	0,4251	15.79
Estándar 2	0.0788	0,4096	0,4015	0,4011	0,4003	0,3904	22.66
Estándar 3	0.197	0,2409	0,25411	0,2576	0,2476	0,2409	52.27
Estándar 4	0.394	0,1465	0,0739	0,0735	0,0725	0,0719	85.75

Fuente: Propia

Se observa que las absorbancias a 517 nm, disminuye con el tiempo y la concentración de Trolox por el efecto inhibitorio, cuyo porcentaje de inhibición de las diferentes concentraciones de los estándares se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100$$

A_0 = Absorbancia inicial del radical DPPH.

A_f = Absorbancia final de 60min.

Para calcular la concentración inhibitoria 50 (IC_{50}) del estándar se debe graficar, el porcentaje de inhibición versus concentración de Trolox y por interpolación se obtiene.

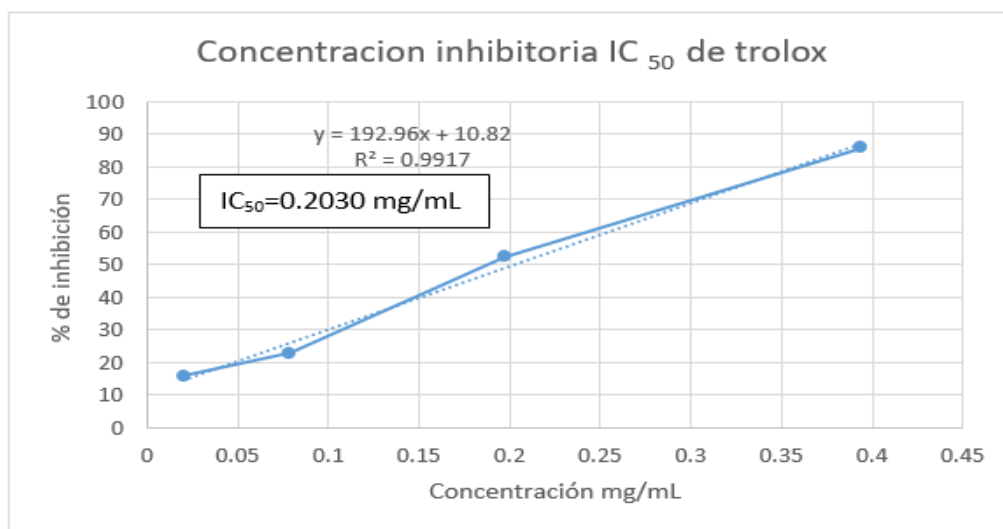


Figura 5. Correlación de la capacidad antioxidante de trolox frente al DPPH

Para determinar IC_{50} se utiliza la ecuación de línea recta $Y = 192,96X + 10,82$ reemplazando resulta 0,2030 mg/mL de concentración inhibitoria (IC_{50}).

4.5.2. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DEL ACEITE ESENCIAL *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers

Para el aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers el porcentaje de inhibición se determina al igual que para el estándar utilizando tres concentraciones (mg/mL).

Tabla 10. Porcentaje de inhibición del aceite esencial *B. tricuneata*

	mg/mL	0 min absorbancia	15 min absorbancia	30 min absorbancia	45 min absorbancia	60 min absorbancia	% de inhibición
DPPH	0,00	0,5048	0,4953	0,4946	0,4936	0,4923	
M1	0,0802	0,4784	0,4518	0,4394	0,4253	0,4223	16,34
M2	0,1605	0,4696	0,4499	0,4397	0,427	0,4102	18,74
M3	0,2675	0,4504	0,4312	0,4186	0,4049	0,3906	22,62

Fuente: Propia

Para calcular la concentración inhibitoria 50 (IC₅₀) del aceite esencial *B. tricuneata* también se graficó, el porcentaje de inhibición versus concentración del aceite esencial y por interpolación se obtiene el valor IC₅₀.

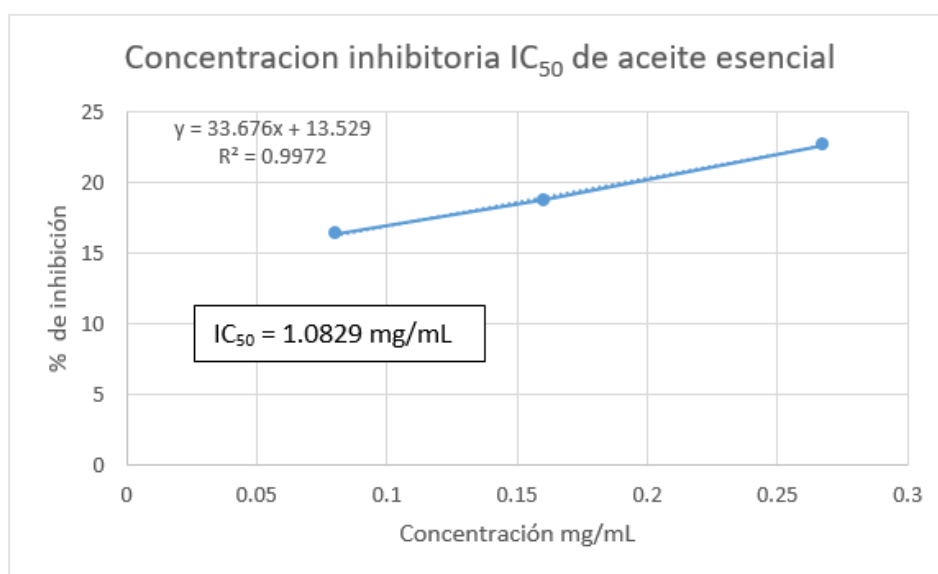


Figura 6. Correlación de la capacidad antioxidante del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers frente al DPPH.

En el caso de las diluciones del aceite esencial de *B. tricuneata*, el máximo porcentaje de inhibición es 22,62%; esto no permitió calcular el IC₅₀, para lo cual se tuvo que extrapolar los datos, resultado en IC₅₀ de 1,0829mg/ml, como se observa demostrando que es baja la capacidad inhibitoria comparada con el patrón.

Según Granados, (2014), valores de inhibición superior al 30% se consideran altos en capacidad antioxidante. Se podría decir que en las muestras evaluadas se encuentran en baja concentración, compuestos que puedan estabilizar al radical DPPH. También es necesario resaltar, que a medida que aumenta la concentración de aceite esencial también aumenta el porcentaje de inhibición, como se observa en la tabla 10.

Guerra Cajas, (2016), reporta, *Baccharis latifolia*, tiene una actividad moderada con porcentaje de inhibición 20,802%, semejante al máximo valor obtenido (22.62%) en *Baccharis tricuneata* considerándose que tiene una actividad antioxidante moderada.

La capacidad antioxidante del genero *Baccharis*, fue estudiado en extracto etanólico de las partes aéreas de genero *Baccharis revoluta*, encontrándose porcentaje de inhibición para el extracto de hojas 6,95% y 45,57%, para el extracto etanólico de tallos 7,1% y 44,16% (Rodríguez A. E., 2016), esto demuestra que los aceites esenciales del genero *Baccharis* tienen menor capacidad antioxidante que los extractos de sus plantas.

Los valores de IC₅₀ obtenidos se pueden expresar como en equivlente TRolox (TEAC por sus siglas en inglés Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), de acuerdo con la siguiente formula:

$$TEAC = \frac{IC_{50} \text{ del Trolox } \left(\frac{\mu\text{mol}}{\text{mL}}\right)}{IC_{50} \text{ de la muestra } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}}\right)}$$

El valor de TEAC fue de 748,91 μ mol de Trolox/g de aceite esencial, este resultado demuestra que este aceite esencial tiene una moderada capacidad antioxidante, este valor de equivalente Trolox hace referencia a la cantidad de Trolox que estaría presente en un gramo de aceite esencial. Obviamente entre mayor sea este valor de TEAC, la actividad antioxidante del aceite esencial es mayor, (Granados, 2014).

CONCLUSIONES

1. En el aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, en su porcentaje de extracción de la parte aérea por el método de destilación de arrastre de vapor-inyección de vapor de agua, fue 0,14%, a comparación de otras especies de este género, como: *B. latifolia*, *B. genistelloides* y *B. trimera*, es muy bajo.
2. En el aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers las propiedades fisicoquímicas se encuentran dentro de valores normales, su densidad es (0,8026g/mL), valores relacionados con su composición y en el índice de saponificación es (12,45) por lo tanto muestra poca cantidad de compuestos esterificados.
3. En el aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, se determinó la composición química por CG-MS reporta cincuenta compuestos de los cuales los mayoritarios son cuatro compuestos: gamma.-Muuroleno 10.13g en 100g de muestra; 1,5,9-Cyclododecatrieno,1,5,9-trimethyl 9,61g en 100g de muestra; Bicyclo [3,1,1]heptano, 6,6-dimethyl-2-methylene,(1S) 8,18g en 100g de muestra; Naphthaleno, 1,2,3,5,6a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-(1S-cis)- 5.20g en 100g de muestra.
4. En el aceite esencial de *Baccharis tricuneata* (L. f) Pers, se encontró la capacidad antioxidante frente al radical DPPH es baja con concentración inhibitoria de 1,0829mg/mL y capacidad de antioxidante, Equivalentes Trolox es 748.91µmol de Trolox/g de aceite esencial.

RECOMENDACIONES

Es de gran importancia continuar estudiando esta especie, extrayendo el aceite esencial con otros métodos estandarizados y también determinar la capacidad antioxidante con otros métodos estandarizados.

Bibliografía

- Abad, M. J. (2007). Baccharis (Compositae. *a review update*, Arkivoc, vol. 7, no 7, p. 76-96.
- Arze, J. B. (2004). Essential oils from Bolivia. I. Asteraceae: Baccharis tricuneata (Lf) pers. var. ruiziana Cuatrecasas. *Journal of Essential Oil Research*, 16(5), 429-431.
- Brand-Williams W, C. M. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss, Technol* 22, 25-30.
- Budel, J. D. (2005). O progresso da pesquisa sobre o gênero Baccharis, Asteraceae. I – estudos botânicos. *Braz. J. Farmacogn*, 15: 268–271.
- Casado, J. A.-I. (1996). Oxidantes y radicales libres en biomedicina. *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, 31-40.
- Castañeda, C. B. (2008). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Horizonte Médico*, 8(1), 56-72.
- Chavez, F. J. (2002). Investigación de parámetros para la obtención del aceite esencial de la satureja boliviana y sus características físicas, químicas y biológicas. UNSA Arequipa Perú.
- Edisón, G. y. (2005). Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía cero emisiones. *Grupo de Investigación procesos ambientales y biotecnológicos GIPAB Universidad*, Docu, 30-052005.
- Figuroa-Giorffino, B. R. (2018). Capacidad antioxidante in vitro de los flavonoides totales obtenidos del extracto fluido de hojas y tallos de Baccharis genistelloides. *SCIÉLO*, 21(2), 249-257.
- Galindo Brito, A. (2014). Metabolitos secundarios y defensas de las plantas. *Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. Puerto de la Cruz. 157 pp. ISBN 978-84-617-1648-7*, En Afonso-Carrillo, J. (Ed.), Cien años de Don Tele: celebrando y recordando al sabio y la persona, pp. 45-46.
- Granados, C. Y. (2014). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de Myrcianthes leucoxyla de norte de Santander (Colombia). *Información tecnológica*, 25(3), 11-16.
- Guerra C, P. A. (2016). Evaluación de la actividad antioxidante Bioautográfica de dos variedades de aceites esenciales andinos Clinopodium nubigenum (Kunt) Kuntze y Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers. *Bachelor's thesis*.
- Guija, P. E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante, . *Centro De Investigación De Bioquímica Y Nutrición USMP*.
- Gutiérrez Bouzán, M. y. (2002). *La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: identificación de compuesto causante del mal olor*. núm. 122, p. 35-41: Boletín Intexter.
- Herrera, B. L. (2017). Phytochemical screening of Baccharis latifolia (R&P.) Pers.(chilca). , . *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(1), 1-7.
- INDECOPI. (2011). ACEITES ESENCIALES, Determinación de la densidad relativa . *El Peruano NTP-ISO 279*.

- INDECOPI. (2011). ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de refracción NTP-ISO 280. *El Peruano*.
- INDECOPI. (2016). ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de acidez NTP 319.085 . *El Peruano*.
- Jiménez, G. S. ((2003)). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología*, 21(3), 355-363.
- León, M. G. (2015). caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* L,. *Revista Cubana de Farmacia versión impresa ISSN 0034-7515 Versión On-line ISSN 1561-2988*.
- Londoño, L. J. (2011). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad, , Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista.
- López Luegon, M. (2004). Los aceites esenciales, Aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias,. Vol. 23. Núm. 7., OFFARM.
- Manrique, E. R. (2017). Actividad antioxidante del aceite esencial de *Clinopodium pulchellum* (Kunt) Govaerts "panizara. . *Revista Científica Ágora,, 4(2)*, 1-6.
- Martínez, A. (2003). *Aceites esenciales Facultad Química Farmacéutica Medellín*, . Medellín: Universidad de Antioquia.
- Molares, S. G. (2009). Etnobotánica, anatomía y caracterización físico-química del aceite esencial de *Baccharis obovata* Hook. et Arn.(Asteraceae: Astereae). *Acta Botanica Brasilica*, 23(2), 578-589.
- Muñoz Acevedo, A. E. (2009). Composición y capacidad antioxidante in-vitro de aceites esenciales ricos en Timol, Carvacrol, Trana-Anetol o Estragol,. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*.
- Nuño, G. Z. (2012). Antioxidant/antibacterial activities of a topical phytopharmaceutical formulation containing a standardized extract of *Baccharis incarum*, an extremophile plant species from Argentine Puna. *Phytotherapy research*, 26(11), 1759-1767.
- Ortuño Saca, W. A. (2019). Determinación de la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de Chilca (*Baccharis latifolia*) y Cilantro (*Coriandrum sativum*) para el control de la *Xanthomona* sp.,. en condiciones in vitro (Bachelor's thesis).
- Palá Paul, J. (2002). Contribución Al Conocimiento De Los Aceites Esenciales Del Género "Eryngium" L, En La Península Ibérica, Bajo la dirección de los doctores M^a José Pérez Alonso Arturo Velasco Negueruela Madrid.
- Paredes Salido, F. y. (2002). Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular. *elsevier*, VOL 21 NÚM 7.
- Prado, H. J. (2003). El aceite esencial de *Baccharis tandilensis* Speg.-Asteraceae. *Dominguezia,, 19(1)*, 20-24.
- Rodas, C. M. (2012). Análisis de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de un aceite esencial de romero obtenido por medio de la destilación por arrastre de vapor. *Universidad Rafael Landívar*

Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Química Guatemala, Mayo,
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/02/13/Rodas-Melisa.pdf>.

- Rodríguez A. E., R. V. (2016). Actividad antibacteriana y antioxidante de *Baccharis revoluta* Kunth,. *Universidad el Bosque Correspondencia:*, rodriguezoscare@unbosque.edu.com.
- Sánchez, M. D. (2015). Guía visual de plantas nativas del Parque Nacional Los Cardones: Valles Calchaquíes, Salta-Argentina. 1° ed. *La Caldera, Salta, Argentina*, 52.
- Simirgiotis, M. J. (2016). High resolution metabolite fingerprinting of the resin of *Baccharis tola* Phil. from the Atacama Desert and its antioxidant capacities. . *Industrial Crops and Products*, 94, 368-375.
- Stashenko, E. E. (2014). Estudio comparativo de la composición química y la actividad antioxidante de los aceites esenciales de algunas plantas del género *Lippia* (Verbenaceae) cultivadas en Colombia. CIBIMOL-CENIVAM,. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. 38 (Supl.):89-105, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia*.
- Suárez Rodrigue, E. B. (2012). Evaluación de la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de ^aZacate de limón (*Cymbopogon Citratus* CD. Stapf), Eucalipto (*Eucalyptus* ssp.) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum* L). *Sólos y en combinación, contra pseudomonas aeruginosa ATCC 27853,*, Septiembre 2011 a Junio 2012 (Doctorado dissertation, Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, UNAN-MANAGUA.
- Tomaylla C. (2016). Composición química y efecto insecticida de los aceites esenciales de *tanacetum vulgare linnaeus* y *mentha x piperita* var. *vulgaris (ehrh) briq.* sobre *epitrix* spp. Universidad Nacional De San Antonio Abaddel Cusco, Escuela De Post Grado.
- Vargas R A, B. S. (2008). *Estudio De La Composición Química De Los Aceites Esenciales De Seis Especies Vegetales Cultivadas En Los Municipios De Bolívar Y El Peñón –Santander,*. Colombia [Tesis de maestría] Universidad Industrial De Santander Facultad De Ciencias Escuela de química Bucaramanga.

ANEXO 1



Figura 7. Certificado de identificación taxonómica de *Baccharis tricuneta* (L. f.) Pers

ANEXO 2



Figura 8. *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers en su hábitat



Figura 10. Muestreo de *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pres.



Figura 10. Preparando la muestra para la extracción



Figura 11. Pruebas de solubilidad del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers



Figura 12. Reactivos para determinar el índice de acidez (IA)



Figura 13. Titulando para determinar el índice de acidez (IA)



Figura 14. Reactivos para determinar el índice de saponificación (IS).



Figura 15. Titulando para determinar el índice de saponificación (IS)



Figura 16. Reactivos para determinar la capacidad antioxidante



Figura 17. Determinación de la capacidad antioxidante de Trolox (estándar)



Figura 18. Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers



Figura 19. Lectura del estándar de referencia y el aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers, con el método DPPH.

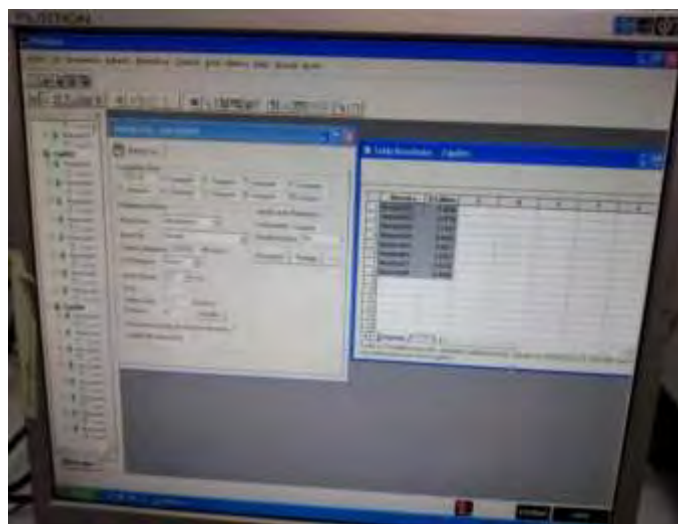


Figura 20. Lectura de absorbancia de la capacidad antioxidante de Trolox y del aceite esencial *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers en espectrómetro ultravioleta visible.

ANEXO 3

ESPECTROS DE MASAS

Gamma-Muuroleno
Formula C₁₅H₂₄, MW 204.35, CAS 30021-74-0

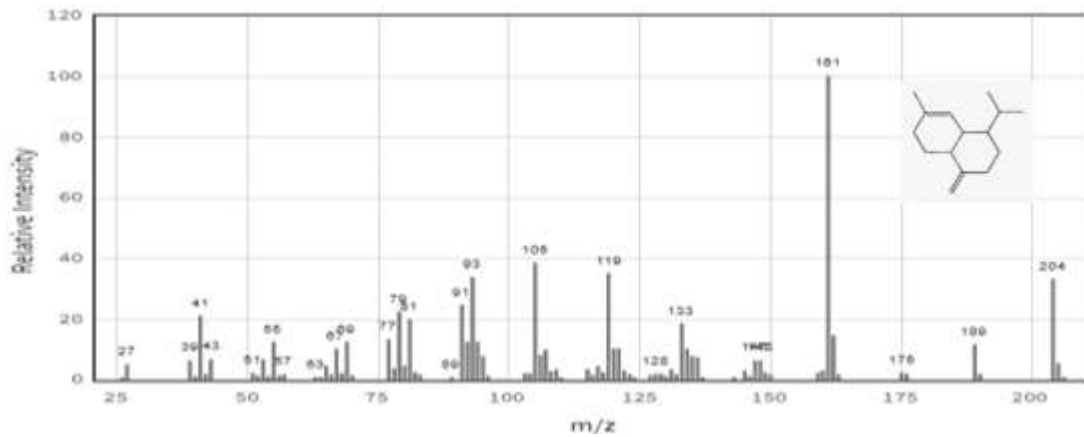


Figura 21. Masa Iónica del compuesto gamma-Muuroleno.

1,5,9-Cyclododecatrieno, 1,5,9-trimethyl-
Formula C₁₅H₂₄, MW 204.35100, CAS 21064-19-7.

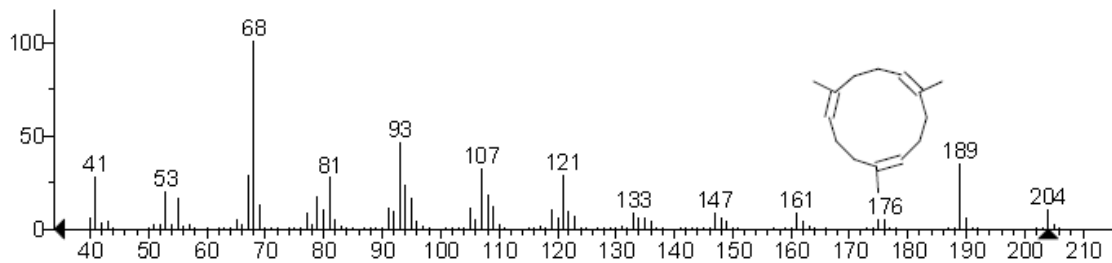


Figura 22. Masa Iónica del compuesto 1,5,9-Cyclododecatrieno, 1,5,9-trimethyl-.

Bicyclo[3.1.1]heptano, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-.
 Formula C₁₀H₁₆, MW 136.2340, CAS 18172-67-3.

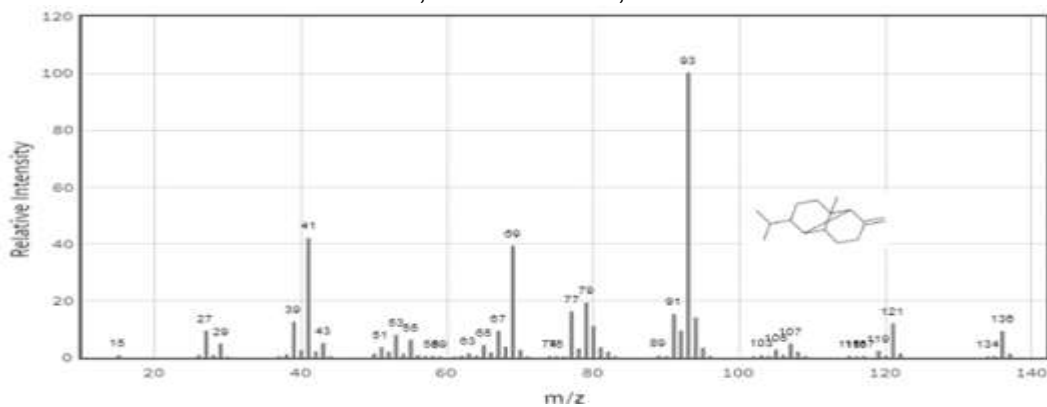


Figura 23. Masa Iónica del compuesto Bicyclo[3.1.1]heptano, 6,6-dimethyl-2-methylene- (1S)-.

Naphthaleno, 1,2,3,5,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-.
 Formula C₁₅H₂₄, MW 204.3511, CAS 483-76-1.

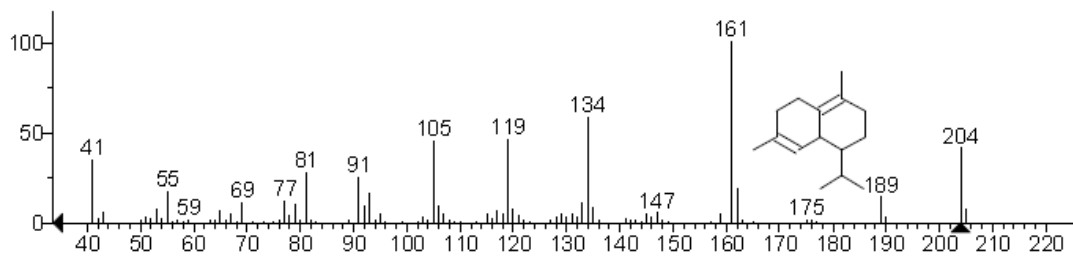


Figura 24. Masa Iónica del compuesto Naphthaleno, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-.