

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS QUÍMICAS

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS ACEITES
ESENCIALES DE ESPECIES DE LA FAMILIA MYRTACEAE

PRESENTADO:
DAMIAN CRESPO LÓPEZ

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITOS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS QUÍMICAS CON ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA
ORGÁNICA

ASESORA:
MSC. ANA ISABEL SANTANA TENORIO

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ
2023

57

“Dame señor, la perseverancia de las olas del mar, que hacen de cada retroceso un punto de partida para un nuevo avance” *Gabriela Mistral*

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la perseverancia en los momentos difíciles.

A mis hijas Alexandra e Ibanis que son mis “princesas mágicas”, mi inspiración, motivos de mis alegrías y mi fortaleza.

A mi madre Vilma por su amor incondicional y consentir al niño que sigue viviendo en mí.

A mis hermanas y hermanos Ana, Danilsa, Eve y Dany por ser mis amigos y compañeros de viaje en este camino de la vida, los amo infinitamente.

A mis amigos y compañeros por su amistad y confianza en todo momento para culminar este objetivo.

SEP - 7 2023

Abregio Pulso

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a mi asesora de tesis a la profesora Ana I. Santana, por su ayuda y apoyo incondicional que me sirvió de aliento en momentos difíciles, por confiar en mí para cumplir a la realización de este proyecto, por su paciencia, su enseñanzas y calidez humana.

Al Dr. Mahabir Gupta (q.e.p.d) por su paciencia, por confiar en mí y darnos la oportunidad de colaborar en su grupo de trabajo, por su ayuda y apoyo, por su paciencia y comprensión.

Al Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña (CIFLORPAN) por permitir trabajar en este proyecto y proporcionar los insumos necesarios.

Al Licenciado Alex Espinosa por proporcionar sus conocimientos de botánica para la colecta e identificación de las diferentes muestras vegetales.

A las Doctoras Elene Stashenko y Susana Zacchino por sus aportes en esta investigación desde Colombia y Argentina respectivamente, mil gracias.

Agradezco mis compañeros, profesores de la maestría en Ciencias Químicas.

Índice

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLA.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ABREVIATURA.....	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	16
1.1 Antecedentes	19
1.2 Objetivos	22
1.2.1. General.....	22
1.2.2 Específicos	22
1.3 Justificación	22
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	24
2.1 Generalidades de los aceites esenciales.....	24
2.1.1 Definición.....	25
2.1.2 Clasificación de los aceites esenciales.....	26
2.1.3 Composición de los aceites esenciales	33
2.1.4 Toxicidad de los aceites esenciales	33
2.1.5 Utilidad industrial de los aceites esenciales	36
2.1.6 Métodos de extracción de los aceites esenciales	40
2.1.7. Técnicas de separación	47
2.2. Familia de las Myrtaceae	49
2.2.1 <i>Myrcia</i>	51
2.2.2 <i>Plinia</i>	52
2.2.3 <i>Calyptranthes macrocarpa</i> B. Holst & M.L. Kawas	52
2.2.4 <i>Eugenia</i>	53
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	55
3.1 Material Vegetal	55

3.2 Secado del material vegetal	55
3.3. Extracción de aceite esencial	56
3.4 Determinación de la composición de los aceites esenciales.....	57
3.5 Evaluación de la actividad biológica.....	59
3.5.1. Microorganismos y medios	59
3.5.2. Método experimental.....	59
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1. Extracción de los aceites esenciales.....	65
4.1.2. Análisis preliminar de los aceites esenciales de la familia de las Myrtaceae	68
4.1.3. Determinación de la composición química del aceite esencial <i>Eugenia sp</i> (CIFLORPAN 8882).....	69
4.1.4. Determinación de la composición química del aceite esencial de <i>Calypttranthes macrocarpa</i> B. Holst & M.L. Kawas (CIFLORPAN 8886).....	71
4.1.5. Determinación de la composición química del aceite esencial de <i>Myrcia spB</i> (CIFLORPAN 8788).....	73
4.1.6. Determinación de la composición química del aceite esencial de <i>Myrcia sylvatica</i> (G. Mey.) DC. (CIFLORPAN 8888).....	74
4.1.7. Determinación de la composición química del aceite esencial de <i>Plinia sp2</i> (CIFLORPAN 8881).....	76
4.1.8. Determinación de la composición química del aceite esencial de <i>Plinia salamancana</i> (Standl Barrie) (CIFLORPAN 8887)	78
4.1.9. Actividad biológica	79
4.2 Discusión	85
4.2.1 <i>Eugenia spB</i> (CIFLORPAN 8882).....	93
4.2.2 <i>Calypttranthes aff macrocarpa</i> B. Holst & M.L. Kawas (CIFLORPAN 8886)	95
4.2.3 <i>Myrcia spB</i> (CIFLORPAN 8788).....	97
4.2.4 <i>Myrcia sylvatica</i> (G. Mey.) DC (CIFLORPAN 8888).....	99
4.2.5 <i>Plinia sp2</i> (CIFLORPAN 8881)	101
4.2.6 <i>Plinia Salamancana</i> (Standl Barrie) (CIFLORPAN 8887)	101
5. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	104

5. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	104
5.1. Conclusión	104
5.2 Recomendaciones	107
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	108

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Especies endémicas de la familia Myrtaceae.....	18
Tabla 2. Características de las partes de la planta de Myrtaceae	50
Tabla 3. Especies colectadas.....	66
Tabla 4. Características de los aceites esenciales	68
Tabla 5. Serie homóloga de hidrocarburos C ₈ -C ₂₀	68
Tabla 6. Composición química del aceite esencial de <i>Eugenia sp</i>	70
Tabla 7. Composición química del aceite esencial de <i>Calypttranthes macrocarpa</i>	72
Tabla 8. Composición química del aceite esencial de <i>Myrcia spB</i>	73
Tabla 9. Composición química del aceite esencial de <i>Myrcia sylvatica</i>	75
Tabla 10. Composición química del aceite esencial de <i>Plinia sp2</i>	76
Tabla 11. Composición química del aceite esencial de <i>Plinia salamanca</i>	78
Tabla 12. Resultados de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales.	80
Tabla 14. Porcentajes de inhibición de los hongos <i>C. albicans</i> y <i>C. neoformas</i>	83
Tabla 15. Comparación de la composición de los aceites esenciales de las especies estudiadas	85
Tabla 16. Compuestos químicos de los aceites esenciales que se encuentran en seis especies	87
Tabla 17. Compuestos químicos de los aceites esenciales que se encuentran en cinco especies	90
Tabla 18. Compuestos químicos que se encuentran en cuatro especies	93
Tabla 19. Comparación de los compuestos de los aceites esenciales del <i>Eugenia sp</i> con la literatura	94

Tabla 20. Comparación de los compuestos de <i>Calyptranthes macrocarpa</i> con relación de la literatura	96
Tabla 21. Comparación de los compuestos de <i>Myrcia spB</i> con la literatura	98
Tabla 22. Comparación de los compuestos de <i>Myrcia sylvatica</i> con la literatura	100
Tabla 23. Comparación de los compuestos de <i>Plinia sp</i> y <i>Plinia salamancana</i> con la literatura	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ruta metabólica del ácido mevalónico	28
Fig. 2. Ruta metabólica de la Vía del 2C-metil-D-eritrol-4-fosfato.....	30
Fig. 3. Ruta metabólica del ácido Shikímico	31
Fig. 4. Biosíntesis de fenilpropanoides	32
Fig. 5. Hidrodestilador tipo Clevenger	56
Fig. 6. Condiciones de temperatura para el análisis.....	58
Fig. 7. Determinación de la capacidad inhibidora de AE a un panel de hongos.....	62
Fig. 8. Gráfica de los resultados de la inhibición de los AE sobre <i>Candida albicans</i>	84
Fig. 9. Gráfica de los resultados de la inhibición de los AE sobre <i>Cryptococcus neoformans</i>	84
Fig. 10. Estructura química de espatulenol.....	88
Fig. 11. Estructura química del óxido de cariofileno	89
Fig. 12. Estructura química del α -elemeno	90
Fig. 13. Estructura química del β -linalool	91
Fig. 14. Estructura química de la α -irona.....	92

ABREVIATURA

% R _{AE}	porcentaje de rendimiento de los aceites esenciales
°C	grados Celsius
ADN	ácido desoxirribonucleico
AE	aceites esenciales
AFNOR	Asociación Francesa de normalización
CFU	unidades formadoras de colonias
CIFLORPAN	Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña
CIM	Concentración inhibidora mínima
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute
CoA	acetil-coenzima A
CTW	compounds test wells
DMAPP	dimetil-alil-difosfato
DMSO	dimetil sulfóxido
DXS	1-deoxi-D-xilulosa 5-fosfato sintetasa
FID	detector de ionización de llama
GA3-P	gliceraldehído 3-fosfato
CG	cromatógrafo de gases
GCW	growth control well
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficiencia
IDI	enzima IPP isomerasa
IK	índice de Kovats

IPP	difosfato de isopentenilo
ISO	Organización Internacional de Normalización
KV	kilovoltios
MEP	Vía 2C-metil-d-eritrol-4-fosfato
MFC	concentración fungicida mínima
MOPS	ácido morfolino propano sulfónico
<i>Mrt</i>	Myrtaceae
MVA	Vía metabólica del ácido mevalónico
PAL	fenilalanina amonio liasa
P _{AE}	peso de las hojas
ppm	partes por millón
RPMI	medio Roswell Park Memorial Institute
SCW	sterility control well
SDA	agar con dextrosa Sabouraud
MS	Mass Spectrometry
sp	especie
SPME	micro extracción en fase sólida
TAL	Tirosina amonio liasa
V _{AE}	volumen de aceite esencial extraído

RESUMEN

La familia Myrtaceae Panamá se ha reportado 17 géneros y 72 especies, de los cuales 6 son endémicas. Los aceites esenciales de esta familia se han reportado diversas actividades y propiedades como larvicida, insecticida, antimicrobiano, antifúngicas y otros. El objetivo de la investigación fue determinar la composición química de los aceites esenciales y su actividad biológica de algunas especies de la familia Myrtaceae; para este fin se colectaron 18 especies, de los cuales finalmente se seleccionaron: *Myrcia sylvatica*, *Plinia salamancana*, *Calyptranthes macrocarpa*, *Myrcia sp*, *Plinia sp2* y *Eugenia spB*. Estas especies fueron ubicadas en diferentes lugares de Panamá (Parque Nacional General de división Omar Torrijos, Coclé; Parque Nacional Altos de Campana; El Valle de Antón, Parque Nacional Chagres, entre otros). Los aceites esenciales de las hojas de las especies colectadas se extrajeron por hidrodestilación utilizando un equipo tipo Clevenger y el rendimiento se reportó en porcentaje v/m. La caracterización de los AE se realizó mediante la técnica de cromatografía de gas acoplado al detector de ionización de llama (FID) y espectrometría de masas. Para la identificación se empleó el índice de Kovats y diferentes bases de datos. Los compuestos mayoritarios de las diferentes especies fueron: *Eugenia sp*, espatulenol (10,8%); *Calyptranthes macrocarpa*, α -pineno (17,5%); *Myrcia spB*, el β -linalool (10,6%); *Myrcia sylvatica*, espatulenol (13,6%); *Plinia sp2*, β -linalool (11,8%); *Plinia Salamanca*, β -linalool (11,7%). *Plinia salamanca* y *Plinia sp2* presentan actividad antimicrobiana sobre *S. aureus* (1,25 μ g/ml) y *Eugenia sp* sobre *E. coli* (1,25 μ g/ml). En la actividad antifúngica fue *Myrcia sp* con un CIMs = 125 μ g/ml y CFM = 250 μ g/ml contra *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes*; con relación a *Cryptococcus*

neoformans la actividad de los aceites esenciales de las 5 especies estudiadas mostraron un comportamiento muy semejante.

ABSTRACT

The Myrtaceae Panama family has been reported 17 genera and 72 species of which 6 are endemic. The essential oils of this family have reported various activities and properties such as larvicide, insecticide, antimicrobial, antifungal and others. The objective of the research was to determine the chemical composition of the essential oils and their biological activity of some species of the Myrtaceae family; For this purpose, 18 species were collected, of which the following were finally selected: *Myrcia sylvatica*, *Plinia salamacanca*, *Calypttranthes macrocarpa*, *Myrcia sp*, *Plinia sp2* and *Eugenia spB*. These species were in different places in Panama (General National Park of Omar Torrijos division, Coclé; Altos de Campana National Park; El Valle de Antón, Chagres National Park, among others). The essential oils from the leaves of the collected species were extracted by hydrodistillation using a Clevenger-type equipment and the yield was reported in percentage v/m. The characterization of the EA was carried out using the technique of gas chromatography coupled to the flame ionization detector (FID) and mass spectrometry. For identification, the Kovats index and different databases were used. The main compounds were *Eugenia sp*, spathulenol (10.8%); *Calypttranthes macrocarpa*, α -pinene (17.5%); *Myrcia spB*, β -linalool (10.6%); *Myrcia sylvatica*, spathulenol (13.6%); *Plinia sp2*, β -linalool (11.8%); *Plinia Salamanca*, β -linalool (11.7%). *Plinia salamanca* and *Plinia sp2* show antimicrobial activity against *S. aureus* (1.25 μ g/ml) and *Eugenia sp* against *E. coli* (1.25 μ g/ml). In terms of antifungal activity, *Myrcia sp*. had MICs = 125 μ g/ml and

CFM = 250 µg/ml against *Trichophyton rubrum* and *Trichophyton mentagrophytes*;
Regarding *Cryptococcus neoformans*, the activity of the essential oils of the 5 species
studied showed a very similar behavior.

INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas han sido utilizadas por el hombre desde tiempos inmemoriales con el fin de acentuar y mejorar el sabor, olor y color de los alimentos, perfumar el ambiente donde convive, se pueden cultivar o encontrarlas en forma silvestre. Son importantes por sus propiedades medicinales y aromáticas, repelentes de insectos, antimicrobiano, entre otras (Nieves *et al.*, 2010) Investigaciones previas señalan algunas familias de plantas como fuentes de productos aromáticos, las Pináceas, Verbenáceas, Mirtáceas, Lamiáceas, Rutáceas, Lauráceas, Piperáceas, Apiáceas y Asteráceas, (Tripathi *et al.*, 2009). Reineccius (2005), ha reportado aproximadamente entre, 20000 plantas que contienen compuestos químicos aromáticos, de los cuales se comercializan unas 200 a 250 especies en las industrias, medicinales, culinarias, entre otras.

Los aceites esenciales (AE) son metabolitos secundarios producidos por las plantas aromáticas como respuesta, mecanismo de defensa, factores ambientales y ecológicos (Álvarez *et al.*, 2017). Están constituidos principalmente de terpenos, compuestos aromáticos, hidrocarburos, ésteres, alcoholes, cetonas y aldehídos, generando así una sustancia volátil y compleja, con característica aromática, agradable e intensa, propia de cada variedad vegetal de la cual fue obtenida (Lucena *et al.*, 2019).

Publicaciones con temas relacionados con las actividades antifúngicas y antibacterianas de los AE de plantas aromáticas evaluados evidenciaron una significativa actividad contra patógenos del suelo, plantas, insectos nocivos, hongos que causan infecciones cutáneas superficiales en humanos, y hongos que ocasionan el deterioro de los alimentos en el

almacenamiento (Paucar-Rodríguez *et al.*, 2021), (Vignola *et al.*, 2020), (Leyva *et al.*, 2020).

Las Myrtaceae comprende al menos 145 géneros y 6000 especies. Algunos géneros de la familia (*Aulomyrcia*, *Callistemon*, *Calycolpus*, *Calyptranthes*, *Chamguava*, *Eucalyptus*, *Eugenia*, *Marliera*, *Myrcia*, *Myrcianthes*, *Myrciaria*, *Pimenta*, *Plinia*, *Psidium*, *Siphoneugena*, *Syzygium*, *Ugni*, etc.). (Da Silva *et al.* 2019)

El estudio de las plantas aromáticas de la familia Myrtaceae está documentado, tanto la composición química, las diferentes actividades y propiedades, ejemplo, antiinflamatorias (Guimaraes *et al.*, 2009) (Da Silveira *et al.*, 2014) (Han *et al.*, 2017) (Do Nascimento *et al.*, 2018), larvicida (Park *et al.*, 2011) (Da Silva *et al.*, 2015) (Rosa *et al.*, 2016) (De Carvalho *et al.*, 2017) (Osanloo *et al.*, 2018) (Silva *et al.*, 2021), insecticida (Filomeno *et al.*, 2020) (Park *et al.*, 2017) (Tietbohl *et al.*, 2019) (Ebadollahi *et al.*, 2013), antimicrobiano (Lima *et al.*, 2006) (Da Silva *et al.*, 2016) (An *et al.*, 2020), antibacterianas (Chrystal *et al.*, 2020) (Silva *et al.*, 2019) (Silva *et al.*, 2010) (Silva *et al.*, 2013) (Alarcón *et al.*, 2009) (De Souza *et al.*, 2011) (Lawal *et al.*, 2016), antifúngicas (Vila *et al.*, 2010) (Borges *et al.*, 2014) (Sampaio *et al.*, 2016) (Dos Santos *et al.*, 2018) (Goncalves *et al.*, 2019) (Días *et al.*, 2020), antileishmaniasis (Kauffmann *et al.*, 2017) (Da silva *et al.*, 2018), antioxidante (Singh *et al.*, 2012) (Jothiramshekar *et al.*, 2014) (Contreras *et al.*, 2017) (Scalvenzi *et al.*, 2017) (Da Silva *et al.*, 2019), las cuales se atribuyen principalmente a los constituyentes de los AE. Estudio de esta familia ha demostrado tener actividad antimalárica (Durant *et al.*, 2014).

La biodiversidad de las plantas aromáticas de la flora panameña no ha sido explotada a nivel económico y medicinal, Gupta (2004). En la República de Panamá, según Correa

(2004) se encuentran seis (6) especies endémicas distribuidas a lo largo del territorio nacional.

Tabla 1. Especies endémicas de la familia Myrtaceae

Género	Especie
• <i>Aulomyrcia</i>	<i>zetekiana</i> (Standl.) Amshoff
	<i>johstonii</i> McVaugh
• <i>Calyptranthes</i>	<i>tumidonodia</i> Shery
	<i>neosiotica</i> Standl
• <i>Eugenia</i>	<i>fosteri</i> Croat
	<i>gatunesis</i> Standl.

Fuente: Correa, *et al.*, (2004) catálogo de las plantas vasculares de Panamá.

En esta investigación se estudió la composición química de los AE de especies de la familia Myrtaceae: *Eugenia sp*, *Plinia sp2*, *Myrcia spB*, *Myrcia sylvatica*, *Plinia salamacana*, *Calyptranthes macrocarpa*. Además, se analizaron sobre un panel de principales causantes de patologías en humanos (Kim y Sudbery, 2011), como son las especies de *Cándida albicans* (*C. albicans*) y *Cándida neoformans* (*C. neoformans*), *Cryptococcus neoformans*, *Saccharomyces cerevisiae* que es una levadura que se emplea siempre en los tamizajes, ya que se usa como modelo para la determinación de mecanismos de acción (Escalante *et al.*, 2008). Dermatofitos (hongos de los géneros *Microsporum*, *Trichophyton* y *Epidermophyton*) y especies del género *Aspergillus*.

1.1 Antecedentes

Estudios demuestran que los AE pueden presentar variación de su composición química tomando en cuenta varios factores como la maduración, la parte de la planta, la ubicación geográfica, las características fisicoquímicas del suelo, la deficiencia de agua, el clima, el efecto de la luz solar, factores genéticos, estaciones del año en la cual se colecta la muestra vegetal para la extracción de los AE (Li *et al.*, 1996) (Venskutonius, 1997) (Ricciardi y Ricciardi, 2000) (Durán *et al.*, 2007) (Figueiredo *et al.*, 2008) (Petropoulos, *et al.*, 2008) (Bettaieb *et al.*, 2011) (Dardioti *et al.*, 2012) (Aular *et al.*, 2016) (Linde *et al.*, 2016).

An *et al.* (2020) en Vietnam, estudiaron cuatro especies de Myrtaceae (*Baeckea frutescens*, *Callistemon citrinus*, *Melaleuca leucadendra*, and *Syzygium nervosum*), los cuales han mostrado actividad larvicida contra tres especies de mosquitos (*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, y *Culex quinquefasciatus*).

Jothiramshekar *et al.* (2014) en investigaciones en la India con las especies *Syzygium calophyllifolium*, *Syzygium makul*, *Syzygium* y *Eugenia cotinifolia*, encontraron la especie *Syzygium calophyllifolium* contiene mayor poder antioxidante en comparación con la especie *Eugenia cotinifolia*.

Lawal *et al.* (2016) en Sudáfrica, encontraron que los valores de letalidad de los AE de las hojas de *Eugenia natalitia* sobre *Artemia salina*. La composición mayoritaria reportada fue: selina-1,3,7 (11)-trien-8-ona (27,5%) y oxidoselina-1,3,7 (11)-trien-8-ona (21,9%), felandreno (13,0%) y sabineno (9,7%).

Ishikawa *et al.* (2008) en Brasil, encontró que no hay inhibición del crecimiento de *Aspergillus niger* (*A. niger*), *C. albicans*, *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Staphylococcus*

de los AE de *Plinia edulis* en los cuales se reportan como componentes mayoritarios *epi-alpha-cadinol* (21,7%), *alpha-cadinol* (20,2%) y *trans-cariofileno* (14,2%).

Mendes *et al.* (2012) en Brasil, reportaron potencial actividad antifúngica de los AE de la especie *Eugenia caryophyllata* sobre muestras de cepas de *C. tropicalis*. La composición química fue analizada mediante un cromatógrafo de gases (CG) acoplado a un espectrómetro de masas (EM). Los resultados indicaron que los componentes mayoritarios fueron: eugenol (74,0%), humuleno (9,9%), δ -cadinene (4,7%) y *trans-beta-cariofileno* (4,2%).

Dos Santos *et al.*, (2021) en Brasil, estudio la especie *Myrcia palustris* encontrando actividad antimicrobiana para las bacterias grampositivas (*Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *S. aureus*) a excepción de *Staphylococcus epidermis*. En relación con la composición química, reportaron como componentes mayoritarios: α -guaiano (25,89%), α -bulneseno (13,39%) y seguido de β -selineno (4,76%).

Chaverri y Ciccio, (2017) en Costa Rica, reportaron un total de 98 compuestos identificados en los AE de *Myrcianthes fragrans* entre los componentes principales tenemos: (*E*)-metil cinamato (39,6 %), limoneno (34,6 %), α -pineno (6,8 %) y linalool (6,8 %). Este es el primer informe de (*E*)-metil cinamato que ocurre en aceites de este género de plantas. Estos hallazgos parecen sugerir un nuevo quimiotipo para *Myrcia fragrans*.

Investigaciones en Panamá del Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña (CIFLORPAN), Vila *et al.* (2010) reportaron actividad larvica contra *Aedes aegypti* de la especie *Plinia cerrocampanensis*; además, mostró actividad antimicrobiana, contra tres clases de *Helicobacter pylori*; el AE es una nueva fuente de β -bisabolol un compuesto altamente apreciado en la industria farmacéutica y cosmética que tiene

aplicación como calmantes, cicatrizantes, regeneradores y antimicrobianas (Kim *et al.*, 2021). Durant *et al.* (2014), estudió la especie *Plinia cerrocampanensis* en el cual reportan entre la composición mayoritaria de los AE: β -bisaboleno (16,26%), linalool (10,47%), y α -copaeno (8,86%); además demostró que es una alternativa para el tratamiento de la malaria.

Santana y Gupta (2018), reportan en un mini review sobre la flora panameña, que los AE de *Myrcia platyclada* tiene como componente mayoritario, el estragol, casi puro 95 %, el cual es utilizado en perfumería, y la industria alimentaria como aromatizante de licores (Muñoz *et al.*, 2007)

Tenorio *et al.* (2011), analizaron los AE de las hojas de las especies *Calyptanthes microphylla* B. Holts & M.L., *Myrcia aff fosteri* Croat y *Eugenia octopleura* Krug & Urb. *C. microphylla* encontrando 43 compuestos, mayoritariamente: β -pineno (48,4%) y β -bisaboleno (12,0%). El AE de *M. aff fosteri* contenía 38 compuestos, siendo α -bisabolol (19,2%) y óxido de β -bisabolol (19,2%) los componentes mayoritarios. *E. octopleura* presentó 40 componentes, que consiste principalmente en α -pineno (43,0%) y limoneno (23,6%). El AE de *Myrcia aff fosteri* mostró actividad contra *S. aureus* y *Bacillus subtilis*, que era comparable con el cloranfenicol.

Entre los trabajos publicados sobre actividad antifúngica contra hongos oportunistas patogénicos para el humano (Tabopda *et al.*, 2009) (Yuan, *et al.*, 2009) (Vale-Silva *et al.*, 2010) (Pacciaroni *et al.*, 2008) algunos de ellos utilizaron una sola especie tal como *C. albicans* (Motsei *et al.*, 2003), *C. neoformans* o un dermatofito (Prasad *et al.*, 2004) o, por el contrario, varias especies de un mismo género, por ejemplo, del género *Candida* (Pasi *et al.*, 2009), (Rukayadi *et al.*, 2008).

1.2 Objetivos

1.2.1. General

Determinar la composición química de los aceites esenciales y la actividad biológica de algunas especies de la familia Myrtaceae de Panamá

1.2.2 Específicos

- a) Colectar e identificar las diferentes especies de la familia Myrtaceae
- b) Obtener los aceites esenciales de la muestra vegetal por hidrodestilación
- c) Caracterizar los aceites esenciales obtenidos mediante técnicas de cromatografía de gases acoplados al detector de ionización de llama (FID) y masas
- d) Evaluar actividad antimicrobiana (antifúngica)

1.3 Justificación

Las plantas aromáticas se cultivan o se encuentran en la naturaleza, utilizada con diversos fines como remedios caseros, en forma de infusión. Los metabolitos secundarios que se obtienen de diferentes partes de las plantas aromáticas (aceites esenciales) se emplean como fitomedicina, medicamentos homeopáticos, cosméticos, suplementos dietéticos, industrias de alimentos, fragancias (Do *et al.*, 2015).

Los aceites esenciales pertenecientes a las especies de Myrtaceae le han reportado diversas bioactividades, antifúngica y nematicida (Lee *et al.*, 2008).

Especies de la familia proporcionan productos valiosos para, incluida la madera (*Eucalyptus spp*), aceites esenciales y especias (*Melaleuca spp*), y plantas hortícolas (*Callistemon spp*, *Leptospermum spp*) y frutos comestibles (*Eugenia spp*, *Myrciaria spp*, y *Syzygium spp*) (Ebadollahi *et al.*, 2013). Varios miembros de esta familia se manipulan en la medicina popular, principalmente como antidiarreico, agente antimicrobiano,

antioxidante, limpiador, antirreumático y antiinflamatorio y para disminuir el colesterol en la sangre. Los aceites esenciales de las Myrtaceae han sido utilizados en medicinas tradicionales, como agente antidiarreico, antimicrobiano, antioxidante, limpiador, antirreumático y antiinflamatorio y para disminuir el colesterol en la sangre (Stefanello *et al.*, 2011).

La flora de Panamá es una de las más ricas en el mundo, tiene potencial económico y medicinal (Gupta, 2004). En este estudio se seleccionaron plantas que pertenecen a las familias Myrtaceae. La presente investigación se enfocó en estudiar la composición de los AE de diversas especies de la familia de las Myrtaceae que se localiza en diferentes regiones de la república de Panamá. Estas representan una de las familias de árboles y arbustos aromáticos, que en ocasiones producen frutos comestibles, más empleados de los bosques tropicales.

En esta investigación se realizó bioensayos de los AE de las diferentes especies estudiadas, se evalúan actividad antimicrobiano contra: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida neoformans*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, especies de *Aspergillus*, y dermatofitos (*Trichophyton rubrum*, *T. mentagrophytes* y *Microsporum gypseum*). La selección de las especies de hongos se debió a que *C. neoformans* es la principal causa de meningoencefalitis criptocócica en pacientes con VIH con deficiencias en las defensas, que muchas veces provocan la muerte (Trpkovic *et al.*, 2012) (Pfaller *et al.*, 2005). A su vez, *C. albicans* es la cuarta causa principal de infección nosocomial en unidades de cuidados intensivos, causando candidiasis invasiva fatal en un alto porcentaje de pacientes (Pfaller y Diekema, 2007).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de los aceites esenciales

Los aceites esenciales han estado ligados a la historia de la civilización humana en diferentes formas, para curar enfermedades, bebidas en forma de infusión, aromatizantes, entre otras. En las tumbas faraónicas de más de 3300 años se han encontrado frascos con los que parecen ser los primeros perfumes elaborados con aceites esenciales; en la India hace ya 2000 años se utilizaba aceites esenciales para curar enfermedades; en la edad media se empezaron a utilizar los aceites esenciales con los aportes realizados por los árabes, mezclándolos con aditivos, fijadores, colorantes, entre otros (Stashenko, 2009).

Los AE de las plantas aromáticas son ampliamente utilizados en la medicina ayurvédica india, medicina china, medicinas Unani de países asiáticos y medicinas herbales occidentales (Singh *et al.*, 2012). Son sustancias volátiles, naturales, mezclas complejas compuestas de metabolitos secundarios que se obtiene por diferentes métodos de extracción y se pueden encontrar en las diferentes partes de las plantas (las flores, hojas, corteza, frutos, raíces, resina y cáscaras) (Rueda *et al.*, 2011) (Victoria *et al.*, 2012).

“Los aceites esenciales poseen menos efectos nocivos para el medio ambiente y reciben mejor aceptación por parte del público por ser productos naturales, perfectamente compatibles con la obtención de alimentos orgánicos” (Albo *et al.*, 2010).

2.1.1 Definición

Los AE son metabolitos secundarios, producto de la biosíntesis de las llamadas plantas aromáticas, que producen olor o fragancia según su composición química. A continuación, se presenta algunas definiciones.

Asociación Francesa de normalización:

“Productos obtenidos a partir de una materia prima vegetal, bien por arrastre con vapor, bien por procedimientos mecánicos a partir del epicarpio de los *Citrus*, o bien por destilación seca. El aceite esencial se separa posteriormente de la fase acuosa por procedimientos físicos en los dos primeros modos de obtención; puede sufrir tratamientos físicos que no originen cambios significativos en su composición...” AFNOR (1998).

Organización para la Normalización:

“Producto obtenido a partir de materia prima vegetal, ya sea por destilación con agua o vapor, o desde el epicarpio de cítricos por un proceso mecánico, o por destilación en seco” (ISO 9235, 1997)

Enciclopedia Británica:

“Cualquiera perteneciente a una clase de compuestos orgánicos altamente volátiles (de fácil evaporación) que se encuentran en plantas y que, por lo general, toman sus nombres de ellas.” (Enciclopedia Británica moderna, 2011)

Bandoni:

“Parte del metabolismo de un vegetal, compuesto generalmente por terpenos, que están asociados o no a otros componentes, la mayoría de ellos volátiles, y generan en conjunto el olor de dicho vegetal” (Bandoni, 2003).

Farmacopea Europea

“Producto oloroso, generalmente de composición compleja, obtenido a partir de una materia prima vegetal, definido botánicamente, por destilación con vapor, por destilación seca, o por un proceso mecánico apropiado, sin calentamiento. Los aceites esenciales normalmente se separan de la fase acuosa mediante un proceso físico que no afecta significativamente a su composición.” (Farmacopea Europea, 2005).

2.1.2 Clasificación de los aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden clasificar utilizando diferentes criterios: Consistencia, origen y naturaleza química. (Alejandro Martínez, 2003).

a. Según su consistencia se pueden clasificar en esencias fluidas, bálsamos y oleorresinas

Esencias fluidas:

Son líquidos volátiles a temperatura ambiente.

Bálsamos:

Contienen principalmente sesquiterpenoides. Son de consistencia más espesa, son poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización. Ejemplos: el bálsamo de copaiba, el bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú, Storax, entre otros.

Oleorresinas:

Tienen el aroma característico de las plantas y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólida. Ejemplos: caucho, gutapercha, chichlé, oleorresina de paprika, pimienta negra, clavo de olor, entre otros.

b. Por su origen:

Según Montoya, 2010, se clasifican los AE en tres categorías diferentes, los cuales están relacionados de dónde provienen, si es producto natural o producido por el hombre:

Naturales: Se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas, ni químicas debido a su bajo rendimiento, son muy costosos.

Artificiales: Se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, por ejemplo: la mezcla de esencias de rosa, geranio y jazmín enriquecida con linalool.

Sintéticos: Como su nombre lo indica son los productos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos, por tanto, son los más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, entre otras).

c. Por su naturaleza química:

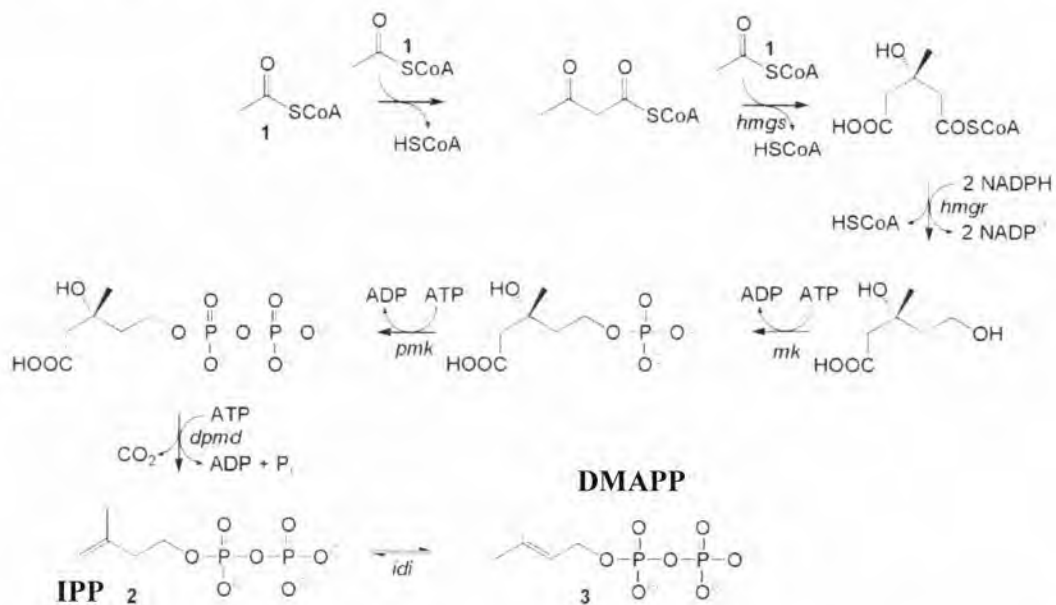
En esta clasificación está relacionada con las rutas metabólicas que son unas series de reacciones en las que el producto de una reacción es el sustrato de la reacción siguiente, algunas rutas metabólicas que se pueden obtener diferentes compuestos químicos que pueden conformar AE estos son:

1. Vía metabólica del ácido mevalónico (MVA)
2. 2C-metil-D-eritrol-4-fosfato (MEP)
3. Vía metabólica del ácido shikímico
4. Vía metabólica de la biosíntesis de fenilpropanoides.

c.1 Vía del ácido mevalónico (MVA)

Esta ruta metabólica ocurre en el citosol y en el retículo endoplasmático de las plantas, también la podemos encontrar en animales, levaduras, bacterias, hongos, algas y protozoos. En la figura 1 se puede observar los pasos de la ruta. El primer paso de la ruta del ácido mevalónico empieza a partir de la condensación de dos moléculas de acetil-coenzima A (CoA) por la acción de tres enzimas que producen ácido mevalónico, este a su vez es convertido a isopentenil difosfato (IPP). Finalmente, la enzima IPP isomerasa (IDI) utiliza este compuesto como sustrato para producir dimetil-alil-difosfato (DMAPP), (Bach *et al.*, 1999) (Eisenreich *et al.*, 2004).

Fig. 1. Ruta metabólica del ácido mevalónico



Fuente: Biosíntesis del isopentenil difosfato (IPP) y el dimetil-alil-difosfato (DMAPP) por la vía MVA (Eisenreich *et al.*, 2004).

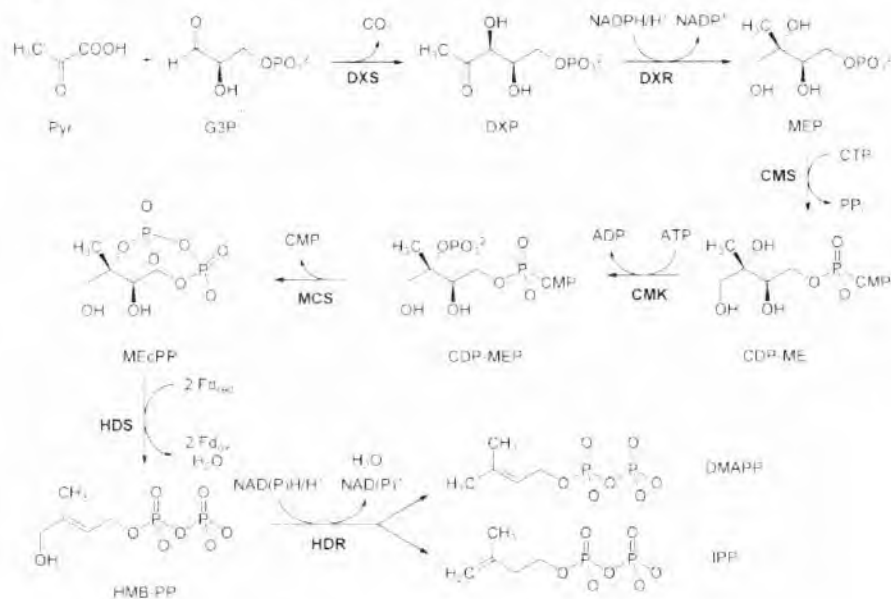
c.2 Vía del 2C-metil-D-eritrol-4-fosfato (MEP)

Esta ruta metabólica ocurre en los plastidios, que está presente en la mayoría de las eubacterias (son organismos microscópicos que tienen células procariotas) y organismos fotosintéticos como algas y plantas superiores, pero ausente en las arqueobacterias (conjunto de microbios unicelulares que carecen de núcleo y orgánulos membranosos), hongos, parásitos apicomplejos o aplicomplexa (grupo de protistas exclusivamente endoparásitos de animales) y muchas especies de bacterias. Algunas enzimas de esta ruta metabólica son estudiadas para posibles aplicaciones en fármacos antimicrobianos y como herbicidas; además, “El conocimiento detallado de la ruta también puede ser explotados para modificar genéticamente microorganismos y plantas para producir compuestos de interés agrícola y médico” (Hunter, 2007).

En vía MEP se identificaron siete pasos biosintéticos, sus genes y sus enzimas correspondientes, requeridos para la síntesis de isopentenil difosfato (IPP) y dimetil-alil-difosfato (DMAPP) en plástidos. Los experimentos iniciales sugieren que la primera reacción de esta vía involucra la condensación de una molécula de piruvato (Pyr) con el gliceraldehído 3-fosfato (G3P) (ver fig. 2) a través de una enzima del tipo transcetolasa. En el segundo paso biosintético, el DXP es convertido a 2C-metil-D-eritritol 4-fosfato (MEP), por la acción de la enzima 1-desoxi-D-xilulosa 5-fosfato reducto isomerasa (DXR). En los pasos subsecuentes de la vía, el MEP es transformado en 1-hidroxi-2-metil-2-(E)-butenil 4-difosfato (HMB-PP) por la acción consecutiva de las enzimas 4-difosfocitidil-2C-metil-D-eritritol 4-fosfato sintasa (CMS), 4-difosfocitidil-2C-metil-D-eritritol 4-fosfato cinasa (CMK), 2C-metil-D-eritritol 2-4 difosfato sintasa (MCS) y 2C-metil-D-eritritol ciclo difosfato sintasa (HDS). En el último paso de la vía, la enzima 1-hidroxi-2-metil-butenil 4-

difosfato reductasa (HDR), convierte el 1-hidroxi-2-metil-2-(E)-butenil 4-difosfato (HMB-PP) en isopentenil difosfato (IPP) y dimetil-alil difosfato (DMAPP) (León y Guevara, 2007) (Vranová *et al.*, 2013).

Fig. 2. Ruta metabólica de la Vía del 2C-metil-D-eritrol-4-fosfato



Fuente: Medicinal Natural Products, Dewick, 2002

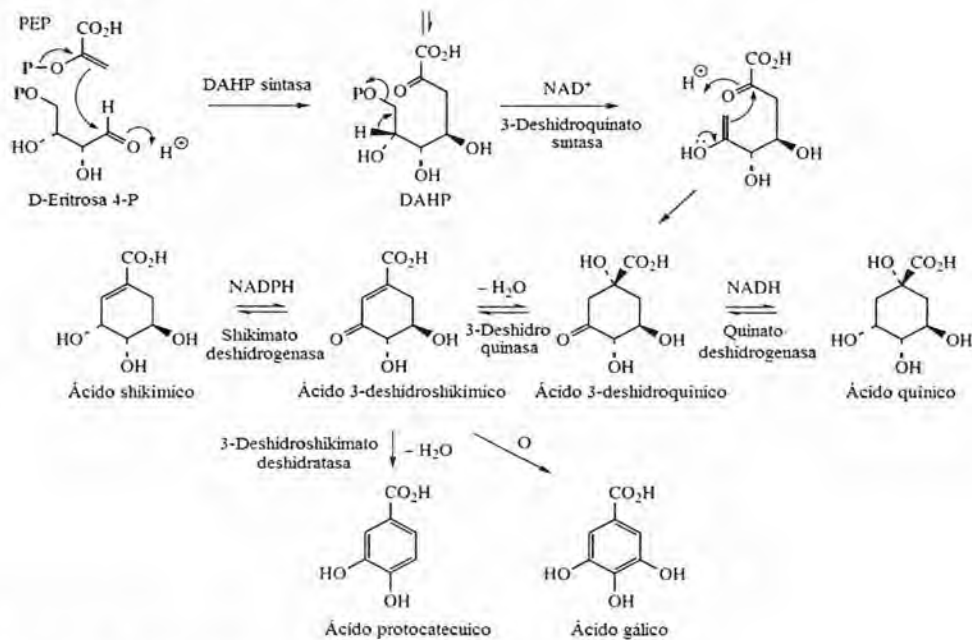
c.3 Vía del ácido Shikímico

Esta ruta metabólica está presente en algas, bacterias, algunos hongos y plantas, pero no se encuentra en animales y protozoarios. Es importante para las plantas y sus funciones vitales como el crecimiento, desarrollo, reproducción, defensa, y respuestas ambientales (Maeda y Dudareva, 2012)

La ruta del ácido shikímico se detalla en la figura 3, es responsable de la biosíntesis de la mayoría de los compuestos fenólicos de las plantas. A partir del acoplamiento de D-eritrosa-4-fosfato y de ácido fosfoenolpirúvico (PEP) para obtener el ácido 3-deoxi-D-arabino-heptusolónico-7-fosfato (DAHP). La eliminación de ácido fosfórico del DAHP se

lleva a cabo por una oxidación que genera un enol, gracias a la presencia del NAD^+ , y se forma un intermediario que sufre un rearrreglo para convertirse en el ácido 3-dehidroquinico, que en presencia del NADH , reducirá el ácido 3-dehidroquinico a ácido shikínico. El ácido shikímico es formado por deshidratación del ácido 3-dehidroquinico, formándose primero el ácido 3-dehidroshikímico, que sufre una reducción en presencia de NADPH . (Roberts *et al.*, 2002)

Fig. 3. Ruta metabólica del ácido Shikímico



Fuente: Medicinal Natural Products, Dewick, 2002.

c.4 Biosíntesis de fenilpropanoides

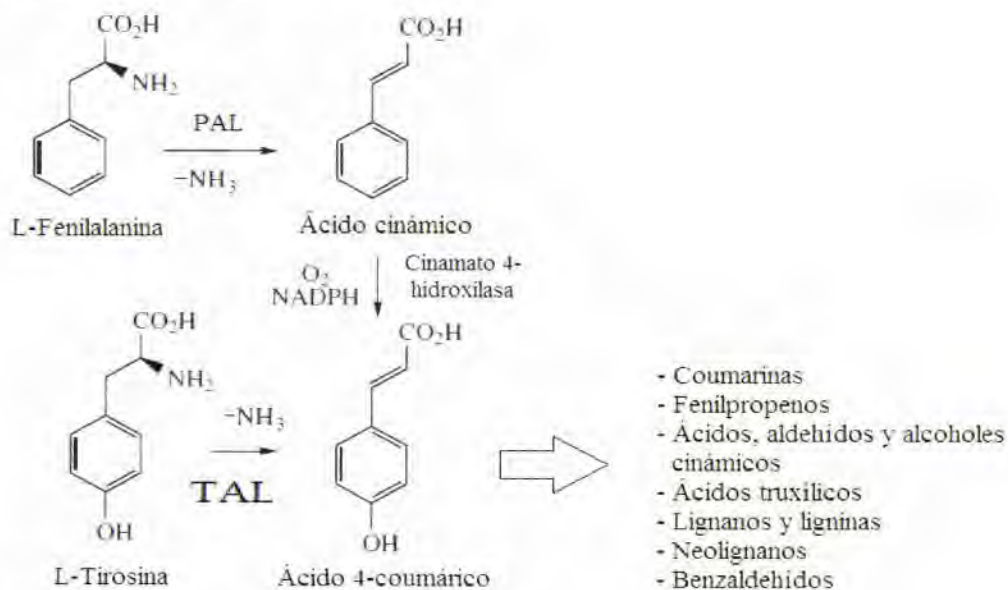
Las rutas principales en la biosíntesis de los fenilpropanoides, que son compuestos C_6C_3 , provienen de la ruta del ácido shikímico, poliacetatos y en menor medida el mevalonato.

Los compuestos fenilpropanoides se derivan principalmente de la fenilalanina o de la tirosina a través de la ruta acetato-malonato, se pueden generar fenoles simples como el

ácido 6-metilsalicílico y otros derivados como el ácido orselínico. Investigaciones donde se estudió la actividad biológica de los polifenoles, como reportes de actividades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas y otras actividades biológicas (Martín, 2018).

La figura 4 muestra la reacción de la L-fenilalanina, con la enzima fenilalanina amonio liasa (en sus siglas en inglés PAL), que cataliza la eliminación del grupo amino en forma de amoniaco para generar el ácido *trans*-cinámico, un intermediario clave. También puede usar la tirosina como sustrato, que es catalizada por la enzima Tirosina Amonio Liasa (TAL), lo que genera ácido-*p*-cumárico. En la mayoría de las plantas vasculares la fenilalanina es el sustrato preferencial, pero en las monocotiledóneas puede usar además la Tirosina.

Fig. 4. Biosíntesis de fenilpropanoides



Fuente: Medicinal Natural Products, Dewick, 2002.

d. Clasificación basada en su aroma

Los aceites esenciales también se pueden clasificar según su aroma/olor del aceite. Esta clasificación se puede categorizar en cítricos, herbáceos, aceites medicinales/alcanforados, florales, resinosos y amaderados, terrosos, aceites de menta y especias (Herman *et al.*, 2019)

2.1.3 Composición de los aceites esenciales

Los aceites esenciales están constituidos por centenares de distintas sustancias. Derivado de unidades de terpenos que están constituidos de cinco (5) átomos de carbono. Generalmente, aunque hay excepciones, los componentes mayoritarios son terpenos hidrocarbonados u oxigenados (sin aroma o con poca distribución de aroma global) y los minoritarios (pero no por ello menos importantes) son los responsables del aroma característico del aceite esencial y quedan englobados en distintas familias químicas.

El 90% de la producción de AE se utiliza como materia prima en la industria de la cosmética y como tratamiento alternativo como la aromaterapia (Usano *et al.*, 2014).

2.1.4 Toxicidad de los aceites esenciales

Los AE son obtenidos de las plantas aromáticas, se podría creer que son totalmente inocuos. Como cualquiera sustancia química, los AE pueden causar daño a órganos, tejidos, células o todo el organismo (Requejo, 2020). Desde el punto de vista toxicológico, los AE son potencialmente tóxicos, ya que fácilmente puede darse una sobredosificación (López, 2004). La toxicidad de los AE depende principalmente de la dosis, pero hay que tomar en cuenta otros factores como vía o ruta de exposición, susceptibilidad del individuo, entre otros, (Martínez *et al.*, 2000) (Neira *et al.*, 2018).

Estos pueden clasificarse en siete principales según el tipo de efectos que su intoxicación produce en el organismo: Convulsionantes, narcóticos y estupefacientes, fototóxicos o irritantes de la piel, abortivos, nefrotóxicos e irritantes de la mucosa gástrica (Pellecuer, 1995)

Convulsionantes:

Ajenjo, alcaravea, anís, badiana, eneldo, hinojo, hisopo, menta, perejil, pino, romero, ruda, sasafrás, salvia, tanaceto, thuya. Los componentes químicos de los AE de estas plantas son: cetonas: monoterpénicas monocíclicas (mentona, pulegona, carvona, ionona), monoterpénicas cíclicas (tuyona, alcanfor, pinocamfona).
Compuestos aromáticos: Fenoles (anetol, apiol, myristicina, safrol)

Narcóticos y Estupefacientes:

Las plantas aromáticas como Albahaca, angélica, anís, badiana, comino, coriandro, enebro, eucalipto, hinojo, lavanda, melisa, nuez, moscada, tomillo, serpol contienen AE que pueden tener estos efectos (Zekaria, 2014).

Componentes de los AE que presentan efectos narcóticos y estupefacientes son: compuestos terpénicos: Carburos monoterpeno bíclico (α y β -pineno); alcoholes: Monoterpeno acíclicos (linalol, terpineol), monoterpeno monocíclico (mentol), monoterpeno bicíclico (borneol); fenoles: monoterpeno monocíclicos (timol, anetol, miristicina, safrol, apiol).

Fototóxicos:

Algunos aceites esenciales contienen moléculas fotoactivas, ejemplo, *Citrus bergamia* (*Citrus aurantium ssp. bergamia*). El AE contiene algunos compuestos que se unen al ADN bajo la exposición a la luz ultravioleta, produciendo mono y

biaductos que son citotóxicos y altamente mutágeno (Bakkali *et al.*, 2008). Algunas especies, aromáticas, que sus AE contienen compuestos fototóxicos, son: angélica, bergamota, comino, eucalipto, laurel, limón, melisa, naranja, pino, ruda, sazafrán, tomillo. Terpénicos: monoterpenos monocíclicos (limoneno, felandreno), monoterpenos bicíclicos (pineno). Alcoholes: monoterpenos acíclicos (citronelol, geraniol, linalol, nerol), monoterpeno monocíclico (mentol), monoterpenos bicíclicos (cineol). Aldehídos monoterpénicos acíclicos (cital), fenoles: Monoterpeno monocíclicos (thymol, carvacrol), aromáticos: Safrol y cumarinas: Bergapteno (Silva *et al.*, 2021)

Abortivos:

Existen algunos AE que son abortivos que no se deben usar durante el embarazo o en niños. Algunas de estas especies que contienen AE con estas características son: ajenjo, ruda, sabina, tanaceto, thuya (Montoya, 2010) (Castro *et al.*, 2011). Los componentes químicos de esta actividad pueden ser: monoterpenos biciclos (sabinol); cetonas: monoterpenos biciclos (pulegona, tuyona) y metilnonilcetona.

Nefrotóxicos:

Algunas plantas que contienen compuestos nefrotóxicos son: *Cymbopogon citratus*, eucalipto, sabina, sazafrán (Martínez *et al.*, 2000). Los componentes químicos de esta actividad pueden ser: Monoterpenos monocíclicos (felandreno), monoterpeno bicíclico (pineno), alcoholes: (eucaliptol), cetonas: pulegona y aromáticos: Apiol, safrol.



2.1.5 Utilidad industrial de los aceites esenciales

Los AE tienen gran utilidad en diversas áreas como productos cosméticos y perfumes, saborizantes, en la industria farmacéutica, industria de la alimentación, licorería y confitería, entre otros. (Jaramillo *et al.*, 2010) (Aular *et al.*, 2016)

A. Industrias que requieren AE para fragancias

La fragancia es una parte integral de los productos cosméticos y también es utilizada para enmascarar malos olores (Sharmeen *et al.*, 2021)

- Perfumes: para acentuar las notas de superficie, media o corazón. Base de perfumes, aguas de perfume, aguas de tocador, aguas de colonia, aguas frescas y aguas de baño
- Cosméticos: para hacer más agradable, atractivo o impartir identidad a un producto cosmético: jabones, champús, desodorantes, labiales, cremas, ungüentos, pastas dentales.
- Aseo y Limpieza: para otorgar fragancia a productos de limpieza para el piso, aromatizantes ambientales, limpieza de baños y cocinas

Plásticos: para enmascarar el mal olor que tienen algunos cauchos y plásticos. Ejemplo: zapatos de caucho debido a su olor. También se imparte olor a los juguetes

- Textiles: como enmascaradores de olores en tratamientos con mordientes antes y después del teñido
- Pinturas: como enmascaradores de olores de las pinturas
- Papelería: para impregnar de fragancias, cuadernos, esquelas, tarjetas, papel higiénico, toallas faciales y sanitarias, entre otros.

B. Industrias que requieren AE para aromas o sabores

Los aceites esenciales se utilizan en una amplia gama de productos alimenticios (Shankar *et al.*, 2021)

- Confitería se puede clasificar en:
 - Confitería con sabor: fresa, cereza, mora, melocotón, jengibre, entre otros
 - Confitería con sensación refrescante: menta, anís y eucalipto
 - Snack: extruidos de harinas: papas, chitos, boliqueso, entre otros
 - Galletería: dulce y salada
- Lácteos: mora, manzana, frambuesa, chocolate, avena.
- Cárnicos: aceites esenciales para carnes procesadas: jamón, salchichón, salchichas, mortadela, carnes rellenas y otros.
- Condimentos salados: mostaza, albahaca, ajo, cebolla, apio, entre otros
- Condimentos picantes: ají, jengibre, pimentones
- Bebidas: cítricos, lulo, fresa, mango, maracuyá, entre otros
- Licores: para saborizar. Ejemplo: lúpulo en la cerveza y el anís en el aguardiente.
- Medicamentos: para enmascarar los sabores amargos de algunos de ellos. Ejemplo: los saborizantes para los jarabes infantiles.
- Tabacos y cigarrillos: para aromatizarlos. Esta industria es una de las mayores consumidoras de menta. (Stashenko, 2019)

C. Alternativa de control de patógenos

Los AE son una alternativa para el control de algunos patógenos (Albo *et al.*, 2010) (Acosta *et al.*, 2019) (Álvarez *et al.*, 2018)

- Biocida (Acosta, 2019):

Bactericidas: tomillo, clavo, salvia, mentas, orégano, pino.

Insecticidas:

- hormigas: hiervabuena, *Tanacetum* y poleo

- afidos: ajo, otros *Allium*, coriandro, anís, albahaca
 - pulgas: lavanda, mentas, hierba de limón (*Cymbopogon citratus*)
 - moscas: ruda, citronela, menta
 - piojos: Menta spearmint, albahaca, ruda
 - polilla del repollo: mentas, Hisopo, romero, eneldo
 - coleópteros en cultivos de maíz: esencias de *Tanacetum*, comino, ajenjo y tomillo
 - cucarachas voladoras: menta, ajenjo
 - cucarachas comunes: eucalipto, laurel
 - Nematodos: *Tagetes*, salvia, caléndula, *Aspáragus* (Bandoni, 2003)
- Disolventes: Se utilizan de AE origen natural por su capacidad de disolver y menor toxicidad (Herrera *et al.*, 2019). Disolventes biodegradables para óleos y pinturas. Ej.: trementina

D. Industria farmacéutica

Esta es una de las industrias que más aceites esenciales emplea. Gracias a su actividad antiséptica, los aceites esenciales son muy usados para problemas de las vías respiratorias (López, 2004); para infecciones urinarias (Rojas *et al.*, 2010); infecciones de la epidermis (López *et al.*, 2018); en antisépticos bucales y en dentífricos (Barretos *et al.*, 2005) (Cruz *et al.*, 2020). Además, tienen muchas propiedades saludables como las de ser antiinflamatorios, analgésicos, antibacterianos, antiespasmódicos, entre otras. (Sankar *et al.*, 2021).

E. Industria de medicina alternativa

La medicina alternativa tiene mayor aceptación por parte de los profesionales de la salud y del público general que busca nuevas alternativas en diferentes tratamientos.

- Antiséptico: Estudios sobre la aplicación de AE como antiséptico se han realizado, algunas de las plantas aromáticas son: tomillo, clavo, mentas, salvia, orégano, pino, entre otros (Albado, 2001)
- Antihelmíntica o antiparasitaria: paico, boldo, ajeno, eucalipto, clavo y safrán
- Con efecto sobre el Sistema Nervioso Central: nerolí y lavanda (sedantes), limón (euforizante), valeriana, lúpulo y melisa (tranquilizantes)
- Rubefacientes: romero, trementina, Gaultheria, alcanfor, entre otros
- Con efecto sobre el aparato respiratorio: pino, trementina, tomillo, eucalipto
- Con efecto sobre el aparato digestivo: manzanilla, menta, peperina, hinojo, anís, coriandro, romero
- Con efecto sobre vías urinarias: esencia de bayas de enebro, hojas de buchú
- Antiinflamatorios: manzanilla alemana (*Matricaria recutita*), jazmín, *Cedrus deodorata*, entre otros. (Asquino *et al.*, 2016)
- Antiartrítica, antirreumática: clavo, canela, tomillo, entre otros
- Aromaterapia: son innumerables los aceites esenciales de las plantas aromáticas, como por ejemplo eucalipto, geranio, lavanda, limón, entre otros. (Ali *et al.*, 2015)

2.1.6 Métodos de extracción de los aceites esenciales

Dependiendo de la muestra vegetal hay diferentes métodos de extracción de los AE: Destilación por arrastre de vapor de agua, hidrodestilación, hidrodestilación asistida con microondas, “enfleurage”, método de prensado, extracción con fluido supercrítico, extracción con disolvente, micro extracción en fase sólida (SPME), extracción asistida por ultrasonido, entre otros.

2.1.6.1 Destilación por arrastre de vapor:

La técnica consiste en colocar muestra vegetal, que puede ser fresca o no, cortada en pequeños pedazos en un recipiente sometido a una corriente de vapor de agua que se obtiene de otro recipiente a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles de la muestra vegetal, por efecto directa de vapor agua. El vapor ejerce la doble función de calentar la mezcla hasta su punto de ebullición y disminuir la temperatura de ebullición al adicionar la presión del vapor, que se inyecta, a la de los componentes volátiles de los aceites esenciales. Los vapores con los componentes volátiles pasan por el condensador, donde la mezcla de agua y aceite esencial son condensados. La proporción de diferentes aceites esenciales extraídos por destilación al vapor es 93% y el restante 7% es extraído por los otros métodos (Masango, 2005). Esta técnica es muy utilizada especialmente para esencias fluidas, especialmente las utilizadas para perfumería (Moreno *et al.*, 2010)

Ventajas:

- Se pueden aislar o purificar aceites esenciales de fuentes naturales
- La destilación se realiza a una temperatura más baja que en la que se encuentra su punto de ebullición normal.

Desventajas:

- Los aceites esenciales son sometidos a altas temperaturas
- Descomposición de las sustancias termolábiles
- Tiempo de extracción largo

2.1.6.2 Hidrodestilación

Este método permite una rápida determinación cuantitativa de los aceites esenciales y, por ello, las diferentes farmacopeas la han adoptado. El diseño consiste en un matraz de fondo redondo donde se introduce el material vegetal y está sumergido directamente en el agua. Una vez que hierve el agua, el vapor arrastra los compuestos volátiles que, al pasar por un condensador, condensan y se puede separar por diferencia de densidades. Normalmente, el condensador vertical suele estar graduado para la medición del volumen de aceite esencial extraído. El material vegetal, que puede estar molido, cortado, entero o la combinación de estos, se dispone en un recipiente cerrado y se adiciona agua hasta $\frac{3}{4}$ de la capacidad del recipiente. El tiempo de destilación depende del material vegetal, normalmente 3 a 4 horas. (El Kharraf *et al.*, 2021)

Ventajas:

- La sencillez del montaje
- Componente visual que le permite observar la obtención de los AE con características sensoriales.

Desventajas:

- Calentamiento difícil de controlar
- Pérdida de rendimiento en AE debido a una refrigeración deficiente
- Períodos de extracción largos

2.1.6.3. Hidrodestilación asistida por microondas

La técnica de hidrodestilación asistida por microondas fue patentada por J. Paré, es un método que consiste en sumergir el material vegetal al agua y someterlo a la acción de la radiación de microondas. El agua se calienta hasta su punto de ebullición, libera los compuestos del aceite contenidos en glándulas, por efecto de la presión de vapor; los compuestos volátiles en fase gaseosa son arrastrados hasta el condensador, en donde se forman dos capas, una rica en aceite y otra es hidrolatos, los cuales se separan por decantación (Golmakani y rezaei, 2008) (Chen *et al.*, 2021)

Ventajas

- Reducción del tiempo de extracción
- Se puede realizar a gran escala
- Reducción de costos de operación

Desventajas:

- Los extractos necesitan filtrado posterior
- Costo elevado del equipo

2.1.6.4. “Enfleurage”

Es un proceso que utiliza grasas inodoras. Estas deben ser de alta calidad para garantizar su éxito, deben ser semisólida a temperatura ambiente, que posean la capacidad de absorción para capturar los compuestos fragantes que exudan las plantas, principalmente para flores de bajo contenido de aceites esenciales y que al ser colectadas continúan despidiendo aceites esenciales, como por ejemplo rosa, jazmín, violeta, entre otras. Regularmente, las flores se dejan en contacto con la grasa por 24 horas, luego las flores son cambiadas, pero la grasa es la misma. El proceso puede ser enfleurage “frío” o

enfleurage “caliente”. Los aceites esenciales capturados en grasas son extraídos con alcoholes puros y luego separada de estos. Los aceites esenciales obtenidos son los más cercanos a los originales, comparadas con otras técnicas de extracción (Pensuk *et al.*, 2007)

Ventaja:

- Gran calidad del AE obtenido

Desventaja:

- Bajo rendimiento
- Difícil separación del aceite

2.1.6.5. Prensado o Expresión

La expresión o prensado es un método tradicional originado en Grasse, Francia. Este método solo se emplea en la producción de aceites cítricos (Cerón y Cardona, 2011). El término expresión se refiere a cualquier proceso físico en el cual las glándulas de aceite esencial en la cáscara se aplastan o se rompen para liberar el aceite. Un método que se practicó hace muchos años, en el cual se corta a la mitad los cítricos, seguido de la extracción de pulpa con la ayuda de un cuchillo-cuchara afilado. El aceite se retira de la cáscara presionándola contra un objeto duro de arcilla cocida que se colocó bajo una esponja natural grande. La emulsión de aceite absorbida por la esponja se elimina apretándola en algún otro recipiente.

Ventajas

- Los AE conservan sus características
- Método simple
- No se realizan tratamientos térmicos.

Desventajas

- La emulsión agua-aceite es impura debido a la presencia de sustancias proteicas y mucilaginosas
- El AE debe ser separado por centrifugación

2.1.6.6. Extracción con fluidos supercrítico

En este método el material vegetal es cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se coloca en una cámara y se hace circular a través de la muestra un fluido en estado supercrítico, que puede ser dióxido de carbono, agua, amoniaco, entre otros. Los aceites esenciales son solubilizados y arrastrados, mientras que el fluido supercrítico, que actúa como disolvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. La pureza de la mezcla de aceites esenciales depende de las condiciones de la extracción (Pourmortazavi *et al.*, 2007) (De Corato *et al.*, 2010)

Ventajas:

- Alto rendimiento
- Fácil eliminación del disolvente
- El disolvente se puede reciclar
- No se alteran las propiedades químicas de los aceites esenciales
- La extracción se realiza a bajas temperaturas

Desventajas

- Precios elevados
- Se requiere bombas de alta presión
- Instrumentación resistente a altas presiones

2.1.6.7. Extracción con disolvente

Según Usano, Pala y Díaz, “La extracción con disolventes orgánicos se suele utilizar en especies cuyos AE se degradan fácilmente por destilación o sobre plantas de las que interesa extraer distintos extractos a partir del material inicial”.

La muestra seca y molida se macera en contacto con disolvente orgánico volátil, que puede ser hexano, diclometano, tolueno, acetona, entre otros, que deben ser seleccionados previamente; en ocasiones hay que tomar en cuenta la temperatura y la agitación. Estos disolventes solubilizan el aceite esencial, pero también extraen otras sustancias como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura.

Ventajas:

Proceso a temperatura ambiente o bajas temperaturas

Capacidad de separar los componentes químicos del AE

Desventajas

- Solo se puede utilizar a escala de laboratorio
- Costoso por el valor de los disolventes a utilizar
- Se obtiene una mezcla de AE con otras sustancias

2.1.6.8. Micro extracción en fase sólida (SPME)

La SPME se basa en la extracción de los aceites esenciales de la matriz vegetal sin disolvente, mediante una fibra de sílice fundida que está recubierta de un absorbente, en la mayoría de los casos polimérico, seguida de la desorción de los aceites esenciales mediante temperatura o un disolvente orgánico (Kreutz *et al.*, 2018). El pequeño tamaño de la fibra y su geometría cilíndrica permiten incorporarla en una jeringa. De esta forma, se facilita su manipulación y al mismo tiempo se protege la fibra cuando no se utiliza, ya que esta

permanece dentro de la aguja de la jeringa. Existen aparatos para realizar muestreo en campo, el cual se coloca alrededor de una flor y se espera un tiempo determinado para que se realice absorción de los aceites esenciales volátiles (Marín y Céspedes, 2007).

Ventajas:

- Técnica no destructiva
- Fácil de operar
- Tiene una gran eficiencia en la preconcentración

Desventajas:

- Bajo rendimiento

2.1.6.9. Extracción asistida por ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido utiliza sonidos de alta frecuencia, para realizar la extracción de los aceites esenciales presentes en la muestra vegetal. Las sustancias sólidas y líquidas vibran y se aceleran ante la acción del ultrasonido, por esta acción los aceites esenciales son extraído mucho más rápido de la muestra al medio utilizado para ese fin (Azuola y Vargas, 2007).

Ventajas:

- Altos rendimientos
- Calidad superior
- Extractos de espectro completo
- Proceso rápido
- Amigable con el medio ambiente

Desventajas:

- Equipo de elevado costo
- Los ultrasonidos de alta potencia pueden causar efectos físicos y químicos adversos.

2.1.7. Técnicas de separación**2.1.7.1. Cromatografía de capa fina**

La cromatografía de capa fina consta de una fase estacionaria, compuesta de gel, óxido de aluminio o alúmina, una fase móvil, que puede ser un disolvente o mezcla de disolventes. La naturaleza hidrofóbica de los aceites esenciales requiere una fase estacionaria apropiada para la separación de los componentes, siendo una de las primeras técnicas empleadas para ese fin. La cromatografía de capa fina ha sido adoptada por diferentes farmacopeas, como método de caracterización de los aceites esenciales.

La separación se basa en la afinidad de los componentes de los aceites esenciales por la fase estacionaria y fase móvil. La identificación de las manchas en la fase estacionaria se realiza usando reveladores, como por ejemplo vapores de yodo, vainillina en ácido sulfúrico, entre otros.

“Esta técnica puede ser aplicada con fines preparativos, pero ha sido establecida como procedimiento más usual para fines analíticos” (Castillo *et al.*, 2007)

2.1.7.2 Cromatografía de gas (GC)

La cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés) es una técnica que permite separar los componentes de una muestra volátil, los cuales se separan entre una fase gaseosa móvil y una fase estacionaria líquida o sólida contenida en una columna. La

muestra que se va a analizar se lleva a la fase gaseosa y se inyecta en la cabeza de la columna cromatográfica. La elución de los componentes se lleva a cabo mediante el flujo de una fase gaseosa móvil que es inerte. Existen dos tipos de cromatografía de gases: la de gas-líquido y la de gas-sólido. La primera es la que tiene más aplicaciones en todos los campos de las ciencias y se le conoce comúnmente como cromatografía de gases. La cromatografía de gas-sólido tiene menos aplicaciones debido a que muchas moléculas reactivas o polares poseen tiempos de retención muy largos y las colas de los picos de elución no son aceptables.

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica de análisis que ofrece resoluciones excelentes con sensibilidad del orden de miligramos a picogramos. Los resultados son cuantitativos y se obtienen un tiempo relativamente corto. Los componentes de las muestras deben ser estables a la temperatura de operación, las muestras tienen que ser volátiles.

“El análisis GC-MS sirve para la identificación de componentes de aceites esenciales, con aplicaciones comparativas de bibliotecas de masas espectrales” (Ricaldi y Martínez, 2014).

2.1.7.3 Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

La cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC, por sus siglas en inglés), es una técnica que puede separar una mezcla de compuestos y se utiliza en fitoquímica y química analítica para identificar, cuantificar y purificar los componentes de la matriz, consiste en una fase estacionaria (columna) y una fase móvil la cual actúa como acarreador de la muestra. La muestra en solución es inyectada en la fase móvil. Los componentes de la solución emigran de acuerdo con las interacciones de los

compuestos con la columna. Estas interacciones químicas determinan la separación de los contenidos en la muestra. La utilización de los diferentes detectores dependerá de la naturaleza de los compuestos a determinar (Boligon y Athayde, 2014).

2.2. Familia de las Myrtaceae

Una familia, esencialmente tropical, de 145 géneros y aproximadamente de 6000 especies. La familia ha sido tradicionalmente dividida en dos subfamilias principales; *Leptospermoideae* con frutos capsulares y *Myrtoideae* con frutas carnosas, pero los tratamientos modernos han abandonado este enfoque (Frang *et al.*, 2018). Los principales géneros son *Eucalyptus*, *Eugenia*, *Leptospermum*, *Malaleuca*, *Myrtus*, *Pimenta*, *Psidium* y *Syzygium*. Varios miembros de esta familia se utilizan en la medicina popular, principalmente como antidiarreico, agente antimicrobiano, antioxidante, limpiador, antiirreumático y antiinflamatorio y para disminuir el colesterol en la sangre (Ebadollahi *et al.*, 2013).

La familia se distingue por una combinación de las siguientes características que se observan en la tabla 2: hojas aromáticas enteras que contienen glándulas sebáceas, partes de flores en múltiplos de cuatro o cinco, ovario mitad inferior a inferior, numerosos estambres llamativos y de colores brillantes, interno floema y hoyos vestibulares en los vasos de la xilema. Myrtaceae es una familia de árboles o arbustos perennifolios, ricos en aceites esenciales. Hojas simples, enteras, a menudo opuestas. Flores hermafrodita, actinomorfas, tetrámeras, o a veces pentámeras; androceo con numerosos estambres; gineceo ínfero, con 2 a 5 carpelos cerrados (2 a 5 cavidades); con numerosos óvulos. Frutos

muy variables, con carácter definitorio de 2 subfamilias (carnosos una y secos la otra). Unas 2,900 especies de regiones tropicales y subtropicales, algunas en Europa. En Panamá se ha reportado 17 géneros y 72 especies, de los cuales 6 son endémicas, *Aulomyrcia* (1), *Calyptranthes* (2), *Eugenia* (1) y *Myrcia* (2) (Correa *et al.*, 2004), las principales especies de esta familia presente en Panamá son 26 de *Eugenia* y 6 de *Myrcia*. De estos los que se han estudiado por CIFLORPAN son *Calycolpus warszewiczianus* O. Berg, *Calyptranthes hylobates* Standl. Ex. Amshoff, *Calyptranthes microphylla* B. Holts & M.L., *Eugenia acapulcensis* Steud (Santana y Gupta, 2018).

Tabla 2. Características de las partes de la planta de Myrtaceae

Parte de la planta	Descripción
Porte	Árboles o arbustos
Hojas	Enteras, simples, usualmente opuestas, estípulas efímeras o ausentes, con puntuaciones glandulares, aromáticas.
Flores	Antinomorfas, perfectas, a veces imperfectas, epíginas, dispuestas en cimas o solitarias.
Perianto	Sépalos 4-5, libres o connados, frecuentemente persistentes en el fruto, algunas veces formando una caliptra caduca. Pétalos 4-5, raro más o menos.
Estambres	Insertos opuestos a los pétalos en fascículos; filamentos libres o unidos en la base; anteras pequeñas, versátiles o basifijas, con dehiscencia longitudinal.

Gineceo	Ovario ínfero, placentación axilar o parietal, estilo simole, alargado; estigma capitado o peltado; óvulo.
Fruto	Cápsula, baya o drupa con 1 a varias semillas.
Semillas	Sin endospermo o muy poco.

Fuente: adaptado de Mitra, S. K., Irenaeus, T. K. S., Gurung, M. R., & Pathak, P. K. 2012. Taxonomy and importance of Myrtaceae. In III International Symposium on Guava and other Myrtaceae 959 (pp. 23-34).

2.2.1 *Myrcia*

Es uno de los géneros más grandes de la familia Myrtaceae con alrededor de 300 especies distribuidos desde Centroamérica hasta el Sur de Brasil (Da Silva *et al.*, 2016). Algunas especies se utilizan en la medicina popular. La *Myrcia* es una fuente importante de aceites esenciales, y la mayoría de los estudios químicos han descrito la composición química de los aceites esenciales dominados por monoterpenos y sesquiterpenos. Los compuestos no volátiles aislados de *Myrcia* suelen ser flavonoides, taninos, derivados de la acetofenona y triterpenos. Se han descrito actividades antiinflamatorias, analgésicas, antioxidantes y antibacterianas para esta especie (Cascaes *et al.*, 2015).

Myrcia sylvatica es una planta distribuida en el este de América del Sur, aunque es de uso común en la medicina popular, su actividad farmacológica no ha sido estudiada (Saccol *et al.*, 2016). Los principales compuestos identificados en el AE de las hojas: δ -cadineno, *trans*-calameneno, cubenol y óxido de cariofileno (Raposo *et al.*, 2018)

En la república de Panamá se ha reportado 16 especies de *Myrcia*: *M. aliena* McVaugh, *M. concinna* B. Holst & M.L. Kawas, *M. coumeta* (Aubl.) DC., *M. fallax* (Rich.) DC., *M. fosteri*

Croat, *M. fusca* B. Holst & M.L. Kawas, *M. grandis* McVaugh, *M. inaequiloba* (DC.) D., Legrand, *M. lapidulosa* B. Holst & M.L. Kawas, *M. magnoliifolia* DC., *M. paivae* O. Berg, *M. panamensis* B. Holst & M.L. Kawas, *M. platyclada* DC., *M. splendens* (Sw.) DC., *M. sylvatica* (G. Mey.) DC., *M. zetekiana* (Standl.) B. Holst.

2.2.2 *Plinia*

Es un género con alrededor de 20 especies que van desde América Central hasta el sur de Brasil. En la medicina popular, las especies de *Plinia* se han utilizado en el tratamiento de trastornos estomacales, afecciones de la garganta y diabetes; además, el extracto de hoja mostró actividad antioxidante y antimicrobiano. Los principales compuestos identificados en el AE de las hojas: α -cadinol, *trans*-cariofileno, cubenol (Ishikawa *et al.*, 2008) (Lago *et al.*, 2011).

En la república de Panamá se ha reportado 9 especies de *Plinia*: *P. cerrocampanensis* Barrie, *P. coclensis* Barrie, *P. cuspidata* Gómez-Laur. & Valverde, *P. darienensis* Barrie, *P. gentryi* Barrie, *P. panamensis* Barrie, *P. povedae* P.E. Sánchez, *P. salamancana* (Standl.) Barrie, *P. salticola* McVaugh.

2.2.3 *Calyptranthes macrocarpa* B. Holst & M.L. Kawas

El género *Calyptranthes* presente en neotropical tiene 270 especies de árboles y arbustos que van desde Uruguay y el norte de Argentina hasta México y el Caribe (incluido el sur de Florida) con la mayor diversidad en la cuenca del Caribe (Tucker *et al.*, 2001).

En la república de Panamá se ha reportado 12 especies de *Calyptranthes*: *C. chytraculia* Sw, *C. hylobates* Standl. ex Amshoff, *C. longicalyptrata* B. Holst & M.L. Kawas, *C. tumidonodia* Schery, *C. chytraculia* Sw. var. *americana* McVaugh, *C. jefensis* B. Holst & M.L. Kawas, *C. lucida* Mart. ex DC, *C. microphylla* B. Holst & M.L. Kawas, *C. elliptica*

B. Holst & M.L. Kawas, C. johnstonii McVaugh, C. macrocarpa B. Holst & M.L. Kawas, C. pulchella DC.

Las primeras muestras obtenidas de *Calyptranthes macrocarpa B. Holst & M.L. Kawas* fue en 09 April 1987 por la carretera El Llano, Carti, 9.5 km al norte de la carretera Panamericana, por sendero al oeste de la carretera. (trópicos.org)

La actividad biológica de este género *Calyptranthes* ha sido atribuida a compuestos presentes en la composición del AE, presentan actividades como antibacteriano, antiinflamatoria, antiparasitaria, antitumoral, antinociceptiva, antiespasmódica, entre otras (Costa *et al.*, 2020). La composición de AE en las hojas de algunas de *Calyptranthes* ha sido reportado y muchos autores han informado la presencia de: α -pineno, β -cariofileno, limoneno, espatulenol, linalool, β -bisaboleno, *cis*-calameneno y α -terpineol (Stefanello *et al.*, 2011), (Costa *et al.*, 2020).

2.2.4 Eugenia

El género *Eugenia* tiene 3000 especies, es nativo de los trópicos de las zonas de América, Australia, y algunas especies se utiliza en forma medicinal, los cuales han presentado actividad antiinflamatoria, analgésico, antipirético, antifúngico y usado en tratamiento de la úlcera péptica, entre otras (Singh *et al.*, 2012). La composición de AE en las hojas de algunas *Eugenia* ha sido reportado y muchos autores han informado la presencia de: α -pineno, α -copaeno, epiglobulol β -elemeno, δ -cadineno, alloaromadendreno, espatulenol, β -cariofileno, globulol, y α -humuleno (Defaveri *et al.*, 2011).

En la república de Panamá se ha reportado 33 especies de *Eugenia*: *E. acapulcensis* Steud, *E. albicans* (O. Berg) Urb., *E. biflora* (L.) DC., *E. acapulcensis* Steud., *E. galalonensis* (C. Wright ex Griseb.) Krug & Urb., *E. austin-smithii* Standl, *E. biflora* (L.) DC., *E. chepensis*

Standl, *E. coibensis* Barrie, *E. coloradoensis* Standl, *E. costaricensis* O. Berg, *E. cricamolensis* Standl, *E. darcy* Barrie, *E. egensis* DC., *E. feijoi* O. Berg, *E. fragrans* (Sw.) McVaugh var. *fragrans*, *E. galalonensis* (C. Wright ex Griseb.) Krug & Urb., *E. glandulosopunctata* P.E. Sánchez & Poveda, *E. hammelii* Barrie, *E. hiraefolia* Standl, *E. mcphersonii* Barrie, *E. nesiotica* Standl, *E. octopleura* Krug & Urb., *E. oerstediana* O. Berg, *E. pittieri* Standl, *E. principium* McVaugh, *E. rhombea* (O. Berg) Krug & Urb., *E. salamancana* (Standl.) Barrie, *E. sanjuanensis* P.E. Sánchez, *E. siggersii* Standl, *E. storkii* (Standl.) McVaugh, *E. truncata* O. Berg, *E. venezuelensis* O. Berg.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 Material Vegetal

El material vegetal se colectó en diferentes lugares del país: Cerro Jefe, Cerro Azul, Parque Nacional Omar Torijos, el Valle de Antón, entre otros.

La identificación taxonómica de las plantas colectadas fue establecida por el botánico Alex Espinosa, taxónomo de CIFLORPAN y las muestras voucher fueron depositadas en el herbario de la Universidad de Panamá.

Las especies vegetales de la familia Myrtaceae se colectaron en forma silvestre y hay poca población de ellas. El material se colocó en bolsas de plástico y el número de identificación para su transporte al laboratorio. Cada muestra fue identificada por un código de CIFLORPAN el cual contiene lugar de colecta y las personas que realizaron el muestreo.

Se utilizaron las hojas secas como las muestras vegetales. Las hojas se separan de las ramas y se limpian con agua para eliminar hongos u otra suciedad que pueda contener e intervenir en el análisis posterior. La muestra vegetal se deja secar a temperatura ambiente para luego cortarlas en trozos pequeños antes de iniciar la extracción del aceite esencial. El AE extraído se conserva en la nevera a una temperatura de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2 Secado del material vegetal

Las hojas se secaron en bandejas especiales al aire (No se usó hornos, porque algunos de los compuestos son termolábiles) y luego guardado en bolsas ziploc con la información de la colecta, para su futuro análisis.

3.3. Extracción de aceite esencial

Los AE se extrajeron mediante hidrodestilación empleando un aparato tipo Clevenger (Figura 5) según la metodología de la Farmacopea Europea (2005). Las extracciones se efectuaron por triplicado para las hojas de cada especie colectada.

Fig. 5. Hidrodestilador tipo Clevenger



Fuente: propia

Las hojas fragmentadas (50 g a 100 g) se introdujeron en un balón de vidrio según el tamaño, y se agregó suficiente agua para cubrir el material vegetal. Luego de armar el sistema de hidrodestilación el matraz fue calentado por una malla térmica, hasta llegar a ebullición. El tiempo de extracción fue aproximadamente de 3 horas. Se midió el volumen final del aceite esencial y el rendimiento de cada especie fue expresada como volumen en

mililitros del aceite por cada 100 g del material vegetal (% v/p). Las muestras de aceites esenciales extraídos se conservaron en viales ámbar, etiquetadas y guardado en una nevera a temperatura < 4 °C. El vapor de agua rompe las glándulas de aceites de las plantas, y arrastra los compuestos volátiles que se liberan, pasan por el condensador, y se separan por su distinta densidad e inmiscibilidad con el agua. La fórmula 1 se utiliza para calcular el porcentaje de rendimiento.

$$\% R_{AE} = \frac{V_{AE}(mL)}{P_{muestra}(g)} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

$\% R_{AE}$ = porcentaje de rendimiento de los aceites esenciales

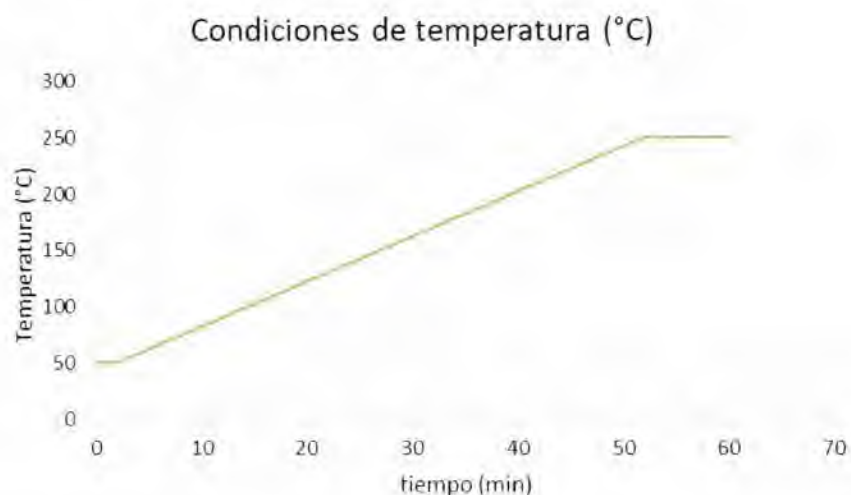
V_{AE} = volumen de aceite esencial extraído en ml

P_{AE} = peso de las hojas en gramos

3.4 Determinación de la composición de los aceites esenciales

La identificación de los compuestos volátiles presentes en las muestras fue realizada utilizando cromatografía de gas (GC) acoplado a espectrometría de masas (MS). El cromatógrafo utilizado fue de Shimadzu GC-2010, acoplado a GCMS-QP2010SE de Shimadzu, el gas acarreador utilizado fue el Helio. La energía de del detector fue de 1,27 KV. Se empleó dos columnas analíticas capilares Agilent (DB-5ms y DB-wax) de 30 m de longitud, un diámetro interno de 0,30 mm y un grosor de 0,25 mm. El flujo de la columna fue de 1,1 ml/min. La temperatura inicial del análisis es de 50 °C, el cual se mantuvo por dos minutos, luego con velocidad de 4 °C/min hasta elevar la temperatura a 250 °C. La temperatura del inyector fue de 250 °C (ver fig. 6).

Fig. 6. Condiciones de temperatura para el análisis



Fuente: Datos propios

El análisis cuantitativo se efectuó utilizando un cromatógrafo Agilent Technologies 7890A, equipado con un detector de ionización en llama (FID), con puerto de inyección split/splitless (250°C, relación split 1:30), y sistema de inyección automático Agilent 7683 B. La separación de los componentes del aceite esencial se realizó en una columna con fase estacionaria apolar DB-5MS de 60 m x 0.25 mm, D.I. x 0.25 μm , df, con fase estacionaria de 5%- fenil-poli(metilsiloxano). El gas de arrastre utilizado fue helio (He, 99.9995%, AGA Fano, S.A.), con flujo constante de 1 mL min^{-1} .

Los aceites esenciales fueron inyectados en volúmenes de 0,1 μL . Se determinó los índices de retención del índice de Kovats (IK) de los componentes de los aceites esenciales, en relación con los patrones de los hidrocarburos sometidos a las mismas condiciones de análisis. Los fragmentos de su espectro de masas fueron comparados con los espectros de masas presentes en los bases de datos del espectrofotómetro (NIST, Wiley, Adams, entre otros).

3.5 Evaluación de la actividad biológica.

Los extractos de AE de las especies estudiadas fueron sometidos a pruebas antifúngica y antimicrobiana mediante el método de microdilución, (de la Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI).

3.5.1. Microorganismos y medios

Para la evaluación de la actividad antifúngica, cepas de referencia de la colección Americana de cultivos tipo (ATCC, Rockville, MD, USA), y la colección del Centro de Referencia en Micología-CEREMIC CCC, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Suipacha 531-(2000) Rosario, Argentina). Se utilizaron: *C. albicans* ATCC 10231, *C. tropicalis* CCC 191, *S. cerevisiae* ATCC 9763, *C. neoformans* ATCC 32264, *A. flavus* (A. fl) ATCC 9170, *A. fumigatus* ATTC 26934, *A. niger* ATCC 9029, *M. gypseum* CCC 115, *T. rubrum* CCC 110, *T. mentagrophytes* ATCC 9972. Las cepas se cultivaron en inclinaciones de agar con cloranfenicol Sabouraud a 30 °C, se mantuvieron en pendientes de agar con dextrosa Sabouraud (SDA, Oxoid, Hampshire, reino unido), y se subcultivaron cada 15 días para evitar transformaciones pleomórficas. Los microorganismos inocuos se obtuvieron de acuerdo con los procedimientos reportados y se ajustaron a $1,5 \times 10^3$ unidades formadoras de colonias (CFU)/ml, CLSI (2008).

3.5.2. Método experimental

3.5.2.1. Determinación de la Concentración Inhibitoria Mínima (CIM) y de la Concentración Fungicida Mínima (CFM)

La concentración inhibitoria mínima se determinó con el método de microdilución en caldo del CLSI para levaduras M27-A3 y para hongos filamentosos M-38A2. La CIM se determinó en medio sintético RPMI-1640 de la marca Sigma-Aldrich, tamponado a pH 7,0

con el ácido morfolino propano sulfónico (MOPS, por sus siglas en inglés) de la marca Sigma-Aldrich. El método consistió en preparar diluciones sucesivas de los extractos probados (2,5% hasta 0,078%, equivalente a 25000 ppm hasta 780 ppm, respectivamente), en medios de cultivo caldo Mueller-Hinton para las bacterias y caldo Sabouraud para el hongo leveduriforme. Los medios fueron inoculados con el microorganismo en estudio (10⁵ células / ml), incubados a 35 °C para las bacterias y 30 °C para la levadura. Posteriormente, se verificó la menor concentración que inhibió el crecimiento microbiano (CIM). Los análisis se realizaron frente a un panel de 10 especies de hongos que comprenden cuatro levaduras (*C. albicans*, *C. tropicalis*, *Cryptococcus neoformans* y *Saccharomyces cerevisiae*), tres especies de *Aspergillus* (*A. niger*, *A. fumigatus* y *A. flavus*) y tres dermatofitos (*Trichophyton rubrum*, *T. mentagrophytes* y *Microsporum gypseum*). Las microplacas se incubaron a 35 °C para levaduras y especies de *Aspergillus* y a 28 °C para cepas de dermatofitos en una cámara húmeda y oscura; las CIM se registraron a las 48 h para las levaduras, y, para el resto de los hongos. Las susceptibilidades de los fármacos estándar ketoconazol, terbinafina y anfotericina B (obtenidos de Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.) Se definieron como la menor concentración de fármaco que dio como resultado la inhibición total del crecimiento fúngico. Para el ensayo, las soluciones madre de los compuestos se diluyeron dos veces con RPMI-1640 de 1000 a 3,9 µg / ml (volumen final = 100 µL) y una concentración final de dimetil sulfóxido (DMSO) (Sigma) < 1%. Se añadió un volumen de 100 µL de suspensión de inóculo a cada pocillo, con la excepción del control de esterilidad, en donde se añadió agua destilada al pocillo. La MIC se definió como la concentración mínima inhibitoria del compuesto, que dio como resultado la inhibición total del crecimiento fúngico.

3.5.2.2 Determinación de la actividad antifúngica

En la estrategia clásica, la búsqueda de actividad antifúngica se basa en ensayar un extracto frente a un inóculo de hongo, ya sea de una sola especie fúngica o de un panel de diferentes hongos. Luego de la incubación, se determina si la muestra inhibe o no el crecimiento fúngico (Zacchino *et al.*, 2003). En la figura 7 se observa el cultivo de los patógenos. Dado que el blanco es la célula fúngica en su conjunto, a estas metodologías se las denominan “ensayos a célula entera sin blanco específico”.

Las principales metodologías *in vitro* son los métodos de difusión en agar, bioautográficos y de dilución (Zacchino, 2007). Los dos primeros son cualitativos y el tercero es cuantitativo. Los métodos de dilución consisten en enfrentar diluciones al medio de un extracto vegetal o compuesto con un volumen constante del inóculo del hongo a probar y, luego de la incubación, determinar la Concentración Inhibitoria Mínima (CIM), que es la menor concentración del compuesto que inhibe su desarrollo. Si la cantidad de extracto vegetal es menor de un ml se denomina microdilución al método.

Fig. 7. Determinación de la capacidad inhibidora de AE a un panel de hongos



Fuente: The need for new antifungal drugs (Zacchino *et al.*, 2003)

La concentración fungicida mínima (MFC), es la concentración de AE que mata a los hongos en lugar de inhibir el crecimiento. Se determinó mediante chapado por duplicado de 5 μ l de cada pocillo claro de las determinaciones de MIC, en una placa de SDA de 150 mm. Después de 48 horas a 37 °C, se determinaron los MFC como la concentración más baja de cada aceite esencial que no mostraba crecimiento.

Se determinó preparando una alícuota de cada tubo de las determinaciones de MIC, de las placas que contenía el medio de cultivo. Después de la incubación, se determinaron los MFC como la concentración más baja de cada AE que no muestra crecimiento, lo que indica claramente que los hongos estaban muertos en lugar de inhibidos.

3.5.2.3 Determinación del porcentaje de inhibición del crecimiento fúngico

Los porcentajes de inhibición del crecimiento de las levaduras *C. albicans* y *C. neformans* se obtuvo de la lectura de la absorbancia de las celdas de las microplacas de 96 pozos utilizadas para determinar la CIM. Para el ensayo, se prepararon celdas con los aceites esenciales a probar (compounds test wells, CTW) con soluciones stock en DMSO (concentración máxima 0,1%), diluidos con medio de cultivo RPMI-1640, hasta concentraciones finales de 250-0,98 μ / ml. Se añadió una suspensión de inóculo (100 μ L) a cada pozo (volumen final en el pozo = 200 μ L). Una celda de control de crecimiento (growth control well, GCW) (que contiene medio, inóculo y la misma cantidad de DMSO usado en un CTW, pero sin compuesto) y una celda de control de esterilidad (sterility control well, SCW) (muestra, medio y agua estéril en lugar de inóculo) para cada hongo probado. Las microplacas se incubaron en una cámara húmeda y oscura a 30 °C durante 48 h para ambas levaduras y luego se leyeron en un lector de microplacas VERSA Max (Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA). Como control positivo se usó Anfotericina B. Las pruebas se realizaron por triplicado. La ecuación 2 se utiliza para calcular la reducción del crecimiento para cada concentración de compuesto:

$$\% \text{ inhibición} = 100 - \left(\frac{DO_{405}CTW - DO_{405}SCW}{DO_{405}GCW - DO_{405}SCW} \right) \quad (2)$$

DO_{405} = Longitud de onda

CTW = AE a probar (compuestos de prueba)

SCW = medio con agua estéril

GCW = Control de crecimiento

Las medias \pm desviación estándar se usaron para construir las curvas de dosis-respuesta que representan el % de inhibición frente a la concentración de cada aceite esencial. Las curvas de dosis-respuesta se construyeron con el software SigmaPlot 11.0.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Extracción de los aceites esenciales.

Las diferentes especies de la familia Myrtaceae se colectaron en los siguientes lugares:

- a) Altos de Pacora
- b) Parque Nacional Chagres
- c) Cerro Jefe
- d) Cerro Azul
- e) Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera
- f) El Valle de Antón
- g) Parque Nacional Altos de Campana.

La tabla 3 muestra todas las especies colectadas con asignación del código del Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña (CIFLORPAN). Algunas de estas muestras, al volver a colectar no se encontraron, porque fueron talados, o su rendimiento de AE no fue lo suficiente. por lo que, no se tomaron en cuenta para completar esta investigación.

El material vegetal limpio se secó bajo la sombra a temperatura ambiente y se almacenó en oscuridad hasta la extracción del AE. Para desarrollar el presente trabajo, tomando en cuenta el porcentaje de rendimiento de las especies colectadas, por lo que se escogieron las seis muestras vegetales con mayor rendimiento. Las otras por su bajo rendimiento no se trabajaron.

Las muestras vegetales fueron identificadas por el licenciado Alex Espinosa, taxónomo de CIFLORPAN. Los vouchers de las especies colectadas reposan en el herbario Nacional de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología de la Universidad de Panamá.

Tabla 3. Especies colectadas

Nº	Especie	Número de CIFLORPAN	Lugar de colecta	% $\left(\frac{mL}{masa}\right)$ de rendimiento
1	<i>Mrt sp</i>	8791	Altos de Pacora, a unos 300 m después del pueblo.	< 0,1
2	<i>Calyptranthes sp</i>	8792	Altos de Pacora, a unos 300 m después del pueblo.	0,2
3	<i>Calyptranthes jefensis</i> <i>B. Holst & M.L. Kawa</i>	8796	Parque Nacional Chagres, sección Cerro jefe, por el sendero a las parcelas	< 0,1
4	<i>Calyptranthes sp7</i>	8801	Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera, bajando, después del mirador el Calvario, Coclé.	< 0,1
5	<i>Siphoneugena cf dusii</i> <i>(Krug & Urb.) Proença</i>	8802	Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera, bajando, después del mirador el Calvario, Coclé.	*0,6
6	<i>Mrt sp9</i>	8803	Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera, bajando, después del mirador el Calvario, Coclé.	0,2

7	<i>Plinea sp</i>	8805	Parque Nacional Omar Torrijos Herrera, Coclé, Sendero de las máquinas	< 0,1
8	<i>Eugenia nesiotica</i> <i>Standl</i>	8813	Parque Nacional Altos de Campana, orillas de carretera. Cerca de entrada la sendero.	*0,5
9	<i>Myrcia</i>	8814	Parque Nacional Altos de Campana, sendero Hotel Sulim.	< 0,1
10	<i>Mrt1</i>	8817	El Valle de Antón, El Roble	0,4
11	<i>Mrt2</i>	8820	El Valle de Antón, Toledano	< 0,1
12	<i>Calyptanthes sp2</i>	8877	Parque Nacional Chagres, sección Cerro Jefe por el sendero a las parcelas	< 0,1
13	<i>Myrcia spB</i>	8788	Parque Nacional Chagres, sección Cerro Jefe cerca de entrada a las parcelas.	0,2
14	<i>Plinea sp2</i>	8881	Parque Nacional Omar Torrijos Herrera, Coclé	0,2
15	<i>Eugenia sp</i>	8882	Parque Nacional Omar Torrijos Herrera, Coclé.	0,2
16	<i>Calyptanthes aff</i> <i>macrocarpa B. Holst &</i> <i>M.L. Kawas</i>	8886	Parque Nacional Chagres, sección Cerro Jefe cerca de entrada a las parcelas.,	0,2
17	<i>Plinea salamancana</i> (Standl Barrie)	8887	Parque Nacional Chagres, sección Cerro Jefe.	0,5
18	<i>Myrcia sylvatica (G.</i> <i>Mey.) DC.</i>	8888	Parque Nacional Chagres, sección Cerro Jefe por el sendero a las parcelas.	0.1

ml de esencia por cada 100 g de muestra vegetal

* Especies desaparecidas por tala

4.1.2. Análisis preliminar de los aceites esenciales de la familia de las Myrtaceae

En tabla 4 presenta en forma general las características de las seis especies seleccionadas para el presente estudio.

Tabla 4. Características de los aceites esenciales

Determinaciones	Resultados
Análisis organolépticos	Líquido oleoso, entre traslúcido a amarillo, aromático, agradable y altamente volátil.
Solubilidad	Insoluble en agua, ligeramente soluble en metanol, soluble en etanol, <i>n</i> -hexano y éter etílico.

Las especies que mostraron un porcentaje de rendimiento de AE, se tomaron para el presente trabajo.

El cálculo para el índice de retención o índice de Kovats para todos los componentes volátiles, se hizo mediante series homólogas de *n*-alcanos (C₈-C₂₀), con el fin de cuantificar los tiempos de elución relativa de los diferentes compuestos analizados en cromatografía de gases, permitiendo de esta manera identificar de forma positiva los componentes químicos presentes en cada uno de los aceites esenciales de las Myrtaceae (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Serie homóloga de hidrocarburos C₈-C₂₀

Patrón	T _r (min)	% Área
1	5,172	8,649
2	8,230	8,050
3	11,909	7,457
4	15,769	6,377
5	19,564	5,476

6	23,177	5,281
7	26,586	4,622
8	27,002	0,097
9	29,801	3,958
10	30,104	0,143
11	32,826	3,989
12	35,721	3,557
13	38,466	3,136
14	41,105	3,019
15	43,643	2,189
16	44,073	0,115
17	58,179	0,152
18	59,046	0,139

4.1.3. Determinación de la composición química del aceite esencial *Eugenia sp* (CIFLORPAN 8882)

Eugenia sp es un árbol de 6 m de altura que presenta hojas pequeñas de forma elíptica, fue colectado en el Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera, por el sendero de las máquinas, también llamado sendero de las ranas.

Los resultados del análisis del aceite esencial tanto cualitativo como cuantitativo se muestra en la tabla 6.

En las hojas de *Eugenia sp* se identificaron 30 compuestos que representan 95,3% del total del AE presentes en las hojas. Se concluye que los compuestos oxigenados constituyeron la fracción más abundante con el 79,7 %. espatulenol (10,8 %) y α -elemeno (10,8 %), son los componentes mayoritarios, seguido del α -irona (9,8 %) y δ -cadinol (9,8), luego el β -linalool (8,2 %).

Tabla 6. Composición química del aceite esencial de *Eugenia sp* (CIFLORPAN 8882)

Compuestos	Formula	Cas	IR _{exp}	IR _{ref}	%
limoneno	C ₁₀ H ₁₆	138-86-3	1025	1029	0,9 ^{a,b}
óxido linalool	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	5989-33-3	1064	1067	1,0 ^{a,b}
β -linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	78-70-6	1098	1096	8,2 ^{a,b}
<i>exo</i> - β -fenchol	C ₁₀ H ₁₈ O	22627-95-8	1116	1116	0,7 ^{a,b}
<i>trans</i> -pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	5947-36-4	1140	1139	1,5 ^{a,b}
α -pinocarvona	C ₁₀ H ₁₄ O	19890-00-7	1150	1164	0,4 ^{a,b}
<i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	1686-20-0	1160	1166	2,3 ^{a,b}
α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	8000-41-7	1195	1188	7,4 ^{a,b}
<i>trans</i> -carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	99-48-9	1217	1216	0,9 ^{a,b}
carvona	C ₁₀ H ₁₄ O	6485-40-1	1230	1243	0,7 ^{a,b}
eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	97-53-0	1355	1359	3,3 ^{a,b}
β -bourboneno	C ₁₅ H ₂₄	5208-59-3	1384	1388	1,3 ^{a,b}
α -elemeno	C ₁₅ H ₂₄	5951-67-7	1425	1410	10,8 ^{a,b}
γ -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	30021-74-0	1476	1479	0,8 ^{a,b}
germacreno	C ₁₅ H ₂₄	23986-74-5	1490	1496	0,1 ^{a,b}
valenceno	C ₁₅ H ₂₄	225-047-6	1494	1496	0,6 ^{a,b}
α -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	10208-80-7	1487	1500	2,1 ^{a,b}
α -irona	C ₁₄ H ₂₂ O	76-69-6	1500	1512	9,8 ^{a,b}
<i>cis</i> -calameneno	C ₁₅ H ₂₂	483-77-2	1521	1529	0,4 ^{a,b}
nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	7212-44-4	1548	1532	0,3 ^{a,b}
espatulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	6750-60-3	1575	1578	10,8 ^{a,b}
óxido cariofileno	C ₁₅ H ₂₄ O	1139-30-6	1583	1583	6,4 ^{a,b}
globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	489-41-8	1588	1590	3,3 ^{a,b}
ledol	C ₁₅ H ₂₆ O	577-27-5	1565	1602	2,6 ^{a,b}
τ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	5937-11-1	1648	1640	1,2 ^{a,b}
δ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	19435-97-3	1640	1646	9,8 ^{a,b}

α -Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	481-34-5	1652	1654	3,9 ^{a,b}
selin-11-en-4 α -ol	C ₁₅ H ₂₆ O	16641-47-7	1653	1659	1,1 ^{a,b}
α -bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	23089-26-1	1702	1685	2,5 ^{a,b}
2E,6E-farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	106-28-5	1738	1743	1,2 ^{a,b}

^aIdentificado por GC-FID

^bIdentificación por CG-MS

Monoterpenos hidrocarbonados	0,9%
Monoterpenos oxigenados	25,4%
Sesquiterpenos hidrocarbonados	16,1%
Sesquiterpenos oxigenados	43,1%
Otros	9,8%
Total	95,3 %

4.1.4. Determinación de la composición química del aceite esencial de *Calypttranthes macrocarpa* B. Holst & M.L. Kawas (CIFLORPAN 8886)

Calypttranthes macrocarpa es un árbol de 12 m de altura con una corteza blanca, lisa, exfoliante y hojas aromáticas. La recolección se realizó en el Parque Nacional Chagres, sección de Cerro Jefe, cerca de la entrada a las parcelas. Coordenadas: NO 9° 13' 19.5"; WO 79° 22' 19.9". Los resultados del análisis del aceite esencial tanto cualitativo como cuantitativo se muestra en la tabla 7.

En las hojas de *Calypttranthes macrocarpa* se identificaron 21 compuestos que representan 87,0 % del total presente en las hojas. Los compuestos oxigenados constituyeron la fracción más abundante con el 53,8 %. El α -pineno (17,5 %), como el componente mayoritario, seguido de espatulenol (11,5 %), α -bisabolol (8,7 %), *trans*- cariofileno (8,3 %), óxido de cariofileno (6,9 %).

Tabla 7. Composición química del aceite esencial de *Calyptranthes macrocarpa*

Compuesto	Formula	Cas	IR _{exp}	IR _{ref}	%
α -pineno	C ₁₀ H ₁₆	7785-70-8	939	939	17,5 ^{a,b}
limoneno	C ₁₀ H ₁₆	138-86-3	1025	1029	0,2 ^{a,b}
<i>trans</i> -pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	547-61-5	1140	1139	5,3 ^{a,b}
α -pinocarvona	C ₁₀ H ₁₄ O	19890-00-7	1150	1164	0,3 ^{a,b}
terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	562-74-3	1155	1177	1,0 ^{a,b}
α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	8000-41-7	1195	1188	4,1 ^{a,b}
<i>trans</i> -carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	99-48-9	1217	1216	0,7 ^{a,b}
α -copaeno	C ₁₅ H ₂₄	3856-25-5	1374	1376	2,8 ^{a,b}
β -bourboneno	C ₁₅ H ₂₄	5208-59-3	1384	1388	0,7 ^{a,b}
<i>trans</i> -cariofileno	C ₁₅ H ₂₄	87-44-5	1415	1419	8,3 ^{a,b}
α -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	31983-22-9	1487	1500	6,2 ^{a,b}
β -bisaboleno	C ₁₅ H ₂₄	495-61-4	1509	1505	0,8 ^{a,b}
<i>trans</i> -calameneno	C ₁₅ H ₂₂	40772-39-2	1521	1522	1,0 ^{a,b}
espatulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	6750-60-3	1575	1578	11,5 ^{a,b}
óxido cariofileno	C ₁₅ H ₂₄ O	1139-30-6	1583	1583	6,9 ^{a,b}
Globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	489-41-8	1588	1590	2,9 ^{a,b}
τ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	5937-11-1	1636	1640	3,8 ^{a,b}
δ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	19435-97-3	1640	1646	1,9 ^{a,b}
α -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	481-34-5	1652	1654	5,3 ^{a,b}
α -óxido de bisabolol B	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	26184-88-3	1653	1658	1,4 ^{a,b}
α -bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	23089-26-1	1702	1685	8,7 ^{a,b}

^aIdentificado por GC-FID

^bIdentificación por CG-MS

Monoterpenos hidrocarbonados	17,7%
Monoterpenos oxigenados	11,4%
Sesquiterpenos hidrocarbonados	19,8%
Sesquiterpenos oxigenados	38,1%
Otros	0,0%
Total	87%

4.1.5. Determinación de la composición química del aceite esencial de *Myrcia spB* (CIFLORPAN 8788)

Myrcia spB es un árbol de 6 m de altura, estéril. Colectada en el parque Nacional Chagres, sección de Cerro Jefe, cerca de la entrada de las parcelas. Coordenadas: NO 9° 13'21.2"; WO 79° 22' 19.3". Los resultados del análisis del aceite esencial tanto cualitativo como cuantitativo se muestra en la tabla 8.

En las hojas de *Myrcia spB* se identificaron 27 que compuestos que representan 90,2% del total de AE presentes en las hojas. Los compuestos oxigenados constituyeron la fracción más abundante con el 74,0 %. El β -linalool (10,6 %), como el componente mayoritario, seguido de α -elemeno (10,0 %), óxido de cariofileno (9,8 %), δ -cadinol (9,6 %), α -irona (8,6 %), espatulenol (8,1 %).

Tabla 8. Composición química del aceite esencial de *Myrcia spB*

Compuesto	Formula	Cas	IR _{exp}	IR _{ref}	%
óxido linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	1365-19-1	1064	1067	1,5 ^{a,b}
β -linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	78-70-6	1098	1096	10,6 ^{a,b}
<i>exo</i> - β -fenchol	C ₁₀ H ₁₈ O	22627-95-8	1116	1116	0,7 ^{a,b}
<i>trans</i> - <i>p</i> -menta-2,8-dien-1-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	22771-44-4	1118	1122	0,5 ^{a,b}
<i>trans</i> -pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	547-61-5	1140	1139	0,9 ^{a,b}
α -pinocarvona	C ₁₀ H ₁₄ O	19890-00-7	1150	1164	0,4 ^{a,b}
<i>p</i> -menta-1,5-dien-8-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	1686-20-0	1131	1166	2,0 ^{a,b}
α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	8000-41-7	1195	1188	2,2 ^{a,b}
<i>trans</i> -carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	99-48-9	1217	1216	1,0 ^{a,b}
carvona	C ₁₀ H ₁₄ O	6485-40-1	1230	1243	0,7 ^{a,b}
β -bourboneno	C ₁₅ H ₂₄	5208-59-3	1384	1388	0,8 ^{a,b}
α -elemeno	C ₁₅ H ₂₄	5951-67-7	1425	1410	10,0 ^{a,b}
α -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	10208-80-7	1487	1500	4,1 ^{a,b}
γ -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	30021-74-0	1476	1479	0,9 ^{a,b}
α -irona	C ₁₄ H ₂₂ O	79-69-6	1500	1512	8,6 ^{a,b}
<i>cis</i> -calameneno	C ₁₅ H ₂₂	483-77-2	1521	1529	0,4 ^{a,b}

boronal	C ₁₄ H ₂₂ O	3155-71-3	1538	1540	1,7 ^{a,b}
espatulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	6750-60-3.	1575	1578	8,1 ^{a,b}
óxido de cariofileno	C ₁₅ H ₂₄ O	1139-30-6	1583	1583	9,8 ^{a,b}
globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	489-41-8	1682	1590	3,6 ^{a,b}
τ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	5937-11-1	1648	1640	1,2 ^{a,b}
δ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	19435-97-3	1640	1646	9,6 ^{a,b}
α -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	481-34-5	1652	1654	4,0 ^{a,b}
α -óxido de bisabolol B	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	26184-88-3	1653	1658	1,4 ^{a,b}
selin-11-en-4 α -ol	C ₁₅ H ₂₆ O	16641-47-7	1642	1659	1,4 ^{a,b}
α -bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	23089-26-1	1702	1685	2,6 ^{a,b}
2E,6E-farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	106-28-5	1738	1743	1,5 ^{a,b}

^aIdentificado por GC-FID

^bIdentificación por CG-MS

Monoterpenos hidrocarbonados	0,0 %
Monoterpenos oxigenados	20,5 %
Sesquiterpenos hidrocarbonados	16,2 %
Sesquiterpenos oxigenados	44,9 %
Otros	8,6 %
Total	90,2 %

4.1.6. Determinación de la composición química del aceite esencial de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. (CIFLORPAN 8888)

Myrcia sylvatica es un árbol de 7 m estéril con ápices agudos y hojas pequeñas aromáticas, fue colectado en el parque Nacional Chagres sección de Cerro Jefe por el sendero de las parcelas. Coordenadas: NO 9° 13' 27.2"; WO 79° 22' 20.1". Los resultados del análisis del aceite esencial tanto cualitativo como cuantitativo se muestra en la tabla 9.

En las hojas de *Myrcia sylvatica* se identificaron 28 compuestos que representan 85,4 % del total presente en las hojas. Los compuestos oxigenados constituyeron la fracción más

abundante con el 80,0 %. Espatulenol (13,6 %) es el componente mayoritario, seguido del óxido de cariofileno (10,8 %), α -elemeno (10,3 %), α -irona (10,0 %), β -linalool (7,5 %).

Tabla 9. Composición química del aceite esencial de *Myrcia sylvatica*

Compuestos	Formula	Cas	RI _{exp}	IK _{teo}	%
óxido de linalool	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	5989-33-3	1064	1067	1,0 ^{a,b}
β -linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	78-70-6	1098	1096	7,5 ^{a,b}
<i>exo</i> - β -fenchol	C ₁₀ H ₁₈ O	22627-95-8	1116	1116	0,8 ^{a,b}
<i>trans</i> -pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	5947-36-4	1140	1139	0,4 ^{a,b}
α -pinocarvona	C ₁₀ H ₁₄ O	19890-00-7	1160	1164	0,4 ^{a,b}
<i>p</i> -menta-1,5-dien-8-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	1686-20-0	1160	1166	1,5 ^{a,b}
terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	562-74-3	1170	1177	0,8 ^{a,b}
α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	8000-41-7	1189	1188	6,8 ^{a,b}
<i>trans</i> -carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	99-48-9	1217	1216	0,8 ^{a,b}
carvona	C ₁₀ H ₁₄ O	6485-40-1	1239	1243	0,9 ^{a,b}
β -bourboneno	C ₁₅ H ₂₄	5208-59-3	1384	1388	0,8 ^{a,b}
α -elemeno	C ₁₅ H ₂₄	5951-67-7	1425	1410	10,3 ^{a,b}
γ -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	30021-74-0	1476	1479	0,4 ^{a,b}
α -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	31983-22-9	1495	1500	2,5 ^{a,b}
α -irona	C ₁₄ H ₂₂ O	76-69-6	1500	1512	10,0 ^{a,b}
<i>cis</i> -calameneno	C ₁₅ H ₂₂	483-77-2	1521	1529	1,1 ^{a,b}
boronal	C ₁₄ H ₂₂ O	3155-71-3	1538	1540	0,7 ^{a,b}
espatulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	6750-60-3	1575	1578	13,6 ^{a,b}
óxido de cariofileno	C ₁₅ H ₂₄ O	1139-30-6	1583	1583	10,0 ^{a,b}
globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	489-41-8	1588	1590	2,4 ^{a,b}
ledol	C ₁₅ H ₂₆ O	577-27-5	1590	1602	3,0 ^{a,b}
τ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	5937-11-1	1648	1640	0,9 ^{a,b}
δ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	19435-97-3	1640	1646	7,1 ^{a,b}
cubenol	C ₁₅ H ₂₆ O	21284-22-0	1642	1646	2,9 ^{a,b}
α -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	481-34-5	1652	1654	3,6 ^{a,b}
selin-11-en-4 α -ol	C ₁₅ H ₂₆ O	16641-47-7	1653	1659	0,8 ^{a,b}
α -bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	23089-26-1	1679	1685	2,6 ^{a,b}
2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> -farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	106-28-5	1738	1743	0,7 ^{a,b}

^aIdentificado por GC-FID

^bIdentificación por CG-MS

Monoterpenos hidrocarbonados	0,0 %
Monoterpenos oxigenados	20,9 %
Sesquiterpenos hidrocarbonados	15,1 %
Sesquiterpenos oxigenados	47,6 %
Otros	1,8 %
Total	85,4 %

4.1.7. Determinación de la composición química del aceite esencial de *Plinia sp2* (CIFLORPAN 8881)

Plinia sp2 es un árbol estéril de 17 m de alto de corteza cuyo tronco es exfoliante liso, cuyas hojas aromáticas fueron colectadas en el Parque Nacional General de División Omar Torrijos Herrera. Coordenadas: NO 8° 39' 49.9"; WO 80° 35' 30.7". Los resultados del análisis del aceite esencial tanto cualitativo como cuantitativo se muestra en la tabla 10.

En las hojas de *Plinia sp2* se identificaron 31 compuestos que representan 91,5 % del total presente en las hojas. Los compuestos oxigenados constituyeron la fracción más abundante con el 64,8 %. El β -linalool (11,8 %) como el componente mayoritario, seguido de α -elemeno (10,5 %), α -irona (9,4 %), espatulenol (9,4 %), δ -cadinol (5,8 %), α -muuroleno (5,3 %).

Tabla 10. Composición química del aceite esencial de *Plinia sp2* (CIFLORPAN 8881)

Compuesto	Formula	Cas	IR _{exp}	IR _{ref}	%
óxido linalool	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	5989-33-3	1064	1067	1,4 ^{a,b}
β -linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	78-70-6	1098	1096	11,8 ^{a,b}
α -pinocarvona	C ₁₀ H ₁₄ O	19890-00-7	1150	1164	0,3 ^{a,b}

<i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	1686-20-0	1131	1166	2,1 ^{a,b}
<i>p</i> -cimen-8-ol	C ₁₀ H ₁₄ O	1197-01-9	1179	1182	0,1 ^{a,b}
α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	8000-41-7	1195	1188	0,8 ^{a,b}
<i>trans</i> -carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	99-48-9	1217	1216	0,4 ^{a,b}
carvona	C ₁₀ H ₁₄ O	6485-40-1	1230	1243	0,4 ^{a,b}
α -copaeno	C ₁₅ H ₂₄	3856-25-5	1374	1376	2,4 ^{a,b}
β -bourboneno	C ₁₅ H ₂₄	5208-59-3	1384	1388	0,5 ^{a,b}
<i>trans</i> -cariofileno	C ₁₅ H ₂₄	87-44-5	1415	1419	3,6 ^{a,b}
α -elemeno	C ₁₅ H ₂₄	5951-67-7	1425	1410	10,5 ^{a,b}
γ -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	30021-74-0	1476	1479	0,8 ^{a,b}
valenceno	C ₁₅ H ₂₄	225-047-6	1490	1496	0,8 ^{a,b}
α -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	10208-80-7	1487	1500	5,3 ^{a,b}
α -irona	C ₁₄ H ₂₂ O	76-69-6	1500	1512	9,4 ^{a,b}
γ -cadineno	C ₁₅ H ₂₄	39029-41-9	1513	1513	0,9 ^{a,b}
<i>cis</i> -calameneno	C ₁₅ H ₂₂	483-77-2	1521	1529	0,6 ^{a,b}
δ -cadineno	C ₁₅ H ₂₄	483-76-1	1522	1523	0,8 ^{a,b}
boronal	C ₁₄ H ₂₂ O	3155-71-3	1672	1540	0,8 ^{a,b}
espatulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	6750-60-3.	1575	1578	9,4 ^{a,b}
óxido de cariofileno	C ₁₅ H ₂₄ O	1139-30-6	1583	1583	6,2 ^{a,b}
globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	489-41-8	1682	1590	3,9 ^{a,b}
τ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	5937-11-1	1648	1640	1,2 ^{a,b}
δ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	19435-97-3	1636	1646	5,8 ^{a,b}
α -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	481-34-5	1652	1654	3,8 ^{a,b}
α -óxido de bisabolol B	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	26184-88-3	1653	1658	0,7 ^{a,b}
selin-11-en-4 α -ol	C ₁₅ H ₂₆ O	16641-47-7	1653	1659	1,0 ^{a,b}
α -bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	23089-26-1	1702	1685	4,5 ^{a,b}
2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> -farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	106-28-5	1738	1743	0,8 ^{a,b}
<i>n</i> -heneicosano	C ₂₁ H ₄₄	629-94-7	2105	2100	0,5 ^{a,b}

^aIdentificado por GC-FID

^bIdentificación por CG-MS

Monoterpenos hidrocarbonados	0,0 %
Monoterpenos oxigenados	17,3 %
Sesquiterpenos hidrocarbonados	26,2 %
Sesquiterpenos oxigenados	37,8 %
Otros	10,2 %

Total 91,5 %

4.1.8. Determinación de la composición química del aceite esencial de *Plinia salamanca* (Standl Barrie) (CIFLORPAN 8887)

Plinia salamanca es un árbol de 9 m estéril con corteza del tronco blanco y exfoliante hojas aromáticas, se colectaron en el parque Nacional Chagres sección de Cerro Jefe, por el sendero de las parcelas. Coordenadas: NO 9° 13' 27.0"; WO 79' 20.6". Los resultados del análisis del aceite esencial tanto cualitativo como cuantitativo se muestra en la tabla 11. En las hojas de *Plinia salamanca* se identificaron 28 compuestos que representan 87,9% del total presente en las hojas. Los compuestos oxigenados constituyeron la fracción más abundante con el 64,0 %. El β -linalool (11,7 %) como el componente mayoritario, seguido de α -elemeno (10,5 %), espatulenol (9,5 %), α -irona (8,2 %), óxido de cariofileno (6,5 %), δ -cadinol (5,0 %), *p*-mentha-1,5-dien-8-ol (4,4 %).

Tabla 11. Composición química del aceite esencial de *Plinia salamanca*

Compuesto	Formula	Cas	IR _{exp}	IR _{Ref}	%
óxido linalool	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	5989-33-3	1064	1067	1,3 ^{a,b}
β -linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	78-70-6	1098	1096	11,7 ^{a,b}
α -pinocarvona	C ₁₀ H ₁₄ O	19890-00-7	1160	1164	0,3 ^{a,b}
<i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	1686-20-0	1160	1166	4,4 ^{a,b}
<i>p</i> -cimen-8-ol	C ₁₀ H ₁₄ O	1197-01-9	1179	1182	0,4 ^{a,b}
α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	8000-41-7	1189	1188	1,4 ^{a,b}
<i>trans</i> -carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	99-48-9	1217	1216	0,6 ^{a,b}
carvona	C ₁₀ H ₁₄ O	6485-40-1	1230	1243	0,5 ^{a,b}
α -copaeno	C ₁₅ H ₂₄	3856-25-5	1374	1376	3,4 ^{a,b}
β -bourboneno	C ₁₅ H ₂₄	5208-59-3	1384	1388	0,4 ^{a,b}
<i>trans</i> -cariofileno	C ₁₅ H ₂₄	87-44-5	1415	1419	3,1 ^{a,b}
α -elemeno	C ₁₅ H ₂₄	5951-67-7	1425	1410	10,5 ^{a,b}
γ -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	30021-74-0	1476	1479	1,2 ^{a,b}
valenceno	C ₁₅ H ₂₄	225-047-6	1490	1496	0,6 ^{a,b}
α -muuroleno	C ₁₅ H ₂₄	10208-80-7	1487	1500	3,6 ^{a,b}

α -irona	C ₁₄ H ₂₂ O	76-69-6	1500	1512	8,2 ^{a,b}
<i>cis</i> -calameneno	C ₁₅ H ₂₂	483-77-2	1521	1529	0,4 ^{a,b}
boronal	C ₁₄ H ₂₂ O	3155-71-3	1538	1540	0,1 ^{a,b}
espatulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	6750-60-3	1575	1578	9,5 ^{a,b}
óxido de cariofileno	C ₁₅ H ₂₄ O	13877-94-6	1583	1583	6,5 ^{a,b}
globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	489-41-8	1588	1590	2,1 ^{a,b}
δ -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	19435-97-3	1636	1640	5,0 ^{a,b}
α -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	481-34-5	1652	1654	3,4 ^{a,b}
α -óxido de bisabolol B	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	26184-88-3	1653	1658	1,4 ^{a,b}
selin-11-en-4 α -ol	C ₁₅ H ₂₆ O	16641-47-7	1653	1659	1,3 ^{a,b}
α -bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	23089-26-1	1679	1685	3,5 ^{a,b}
2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> -farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	106-28-5	1738	1743	2,4 ^{a,b}
<i>n</i> -heneicosano	C ₂₁ H ₄₄	629-94-7	2105	2100	0,7 ^{a,b}

^aIdentificado por GC-FID

^bIdentificación por CG-MS

Monoterpenos hidrocarbonados	0,0 %
Monoterpenos oxigenados	20,6 %
Sesquiterpenos hidrocarbonados	23,2 %
Sesquiterpenos oxigenados	35,1 %
Otros	9,0 %
Total	87,9 %

4.1.9. Actividad biológica

El método que consiste en preparar diluciones sucesivas de extractos de los AE (2,5% hasta 0,078%, equivalente a 25000 ppm hasta 780 ppm, respectivamente), en medios de cultivos caldo Mueller-Hinton para las bacterias y los caldos Sabouraud para la levadura. Los medios fueron inoculados con microorganismo de estudio a una concentración (10^5 células/cm³), incubados a 35 °C para las bacterias y 30 °C para a levadura. Posteriormente, fueron verificados a menor concentración que inhibe y el crecimiento microbiano (CIM).

Se consideraron inactivos los aceites esenciales con CIM > 250 µg/mL; CIM entre 250 a 50 µg/mL,

actividad moderada; CIM \leq 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$, actividad alta. Además de la CIM, se evaluaron los AE activos (con CIM \leq 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$) para determinar su capacidad para matar hongos en lugar de inhibirlos a través de la determinación de la Concentración Fungicida Mínima (MFC). En el ensayo de actividad antimicrobiana, la especie *Calyptanthes macrocarpa* no se le realizó pruebas porque no era suficiente cantidad para realizarlos, las otras cinco demostraron actividad alta. En la tabla 16 se observa los resultados de la actividad antimicrobiana de los AE.

Tabla 12. Resultados de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales.

Material testado	Código CIFLORPAN	CIM ($\mu\text{g}/\text{mL}$)		
		<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>
<i>Plinia salamancana</i>	8887	1,25	2,5	2,5
<i>Myrcia sp</i>	8788	2,5	>2,5	>2,5
<i>Myrcia sylvatica</i>	8888	2,5	>2,5	>2,5
<i>Plinia sp2</i>	8881	1,25	2,5	>2,5
<i>Eugenia sp</i>	8882	2,5	1,25	2,5

Los resultados muestran que el AE de *Plinia solamancana* y *Plinia sp2* sobre *S. aureus*, mientras que *Eugenia sp* actúa sobre *E. coli*. Algunas publicaciones reportaron que la relación de la actividad biológica de los AE está relacionada con su composición y concentración de estas en la mezcla (Magiatis *et al.*, 2002) (Bougatsos *et al.*, 2004).

Los 5 aceites esenciales se probaron frente a un panel de hongos que comprendieron levaduras como *C. albicans* (Ca), *C. tropicalis* (Ct), *Cryptococcus neoformans* (cn), especies de *Aspergillus*, *A. flavus* (A. fl), *A. fumigatus* (A. fu), *A. niger* (A. ni) y dermatofitos como *Microsporium gypseum* (Mg), *Trichophyton rubrum* (Tr), *Trichophyton mentagrophytes* (Tm) con los métodos M-27A3 y M-38A2 de CLSI para levaduras y

hongos filamentosos respectivamente, a concentraciones entre 250 y 3,90 $\mu\text{g/mL}$. Luego del período de incubación, se observó cuál era la menor concentración en la que los aceites esenciales inhibieron el crecimiento fúngico, lo que se denominó Concentración Inhibitoria Mínima (CIM). Posteriormente, para cada aceite esencial que mostró actividad ($\text{CIM} \leq 250 \mu\text{g/mL}$), se tomaron 5 μL de las muestras en los cuales los aceites esenciales estaban a la CIM y a las concentraciones por encima de la misma, los que fueron sembradas en placas de Petri conteniendo medio de cultivo límpido. Posteriormente de la incubación, se observó el crecimiento de los hongos en estas nuevas placas.

La Concentración Fungicida Mínima (CFM) se definió como la mínima concentración de la mezcla en las nuevas placas en las que no se haya observado crecimiento fúngico (CLSI, 1998) (Pfaller *et al.*, 2004).

Tabla 13. Concentración inhibidora mínima/concentración fungicida mínima de los aceites esenciales (CIM/CFM)

Código	Ca	Ct	Cn	A.fl	A.fu	A.ni	Mg	Tr	Tm
<i>Plinia salamancana</i>									
(Standl) Barrie	>250	>250	250/>250	>250	>250	>250	>250	>250	>250
CIFLORPAN 8887									
<i>Myrcia sp.</i>									
CIFLORPAN 8788	>250	>250	250/>250	>250	>250	>250	250/250	125/250	125/250
<i>Myrcia sylvatica</i> (G. Mey.) DC									
CIFLORPAN 8888	>250	>250	250/>250	>250	>250	>250	>250	>250	>250
<i>Plinia sp2.</i>									
CIFLORPAN 8881	>250	>250	250/>250	>250	>250	>250	>250	>250	>250
<i>Eugenia spB.</i>									
CIFLORPAN 8882	>250	>250	250/>250	>250	>250	>250	>250	>250	>250

En la tabla 13 se observan los resultados de CIM y CFM obtenidos para AE, los resultados mostraron que el aceite esencial más activo fue *Myrcia sp* con un CIMs = 125 µg/mL y CFM = 250 µg/mL contra Tr y Tm. De las especies fúngicas, *C. neoformans* resultó la especie más susceptible, mostrando sensibilidad hacia los 5 especies probados (CIM ≤ 250 µg/mL) y los 5 resultaron fungicidas (CFM ≤ 250 µg/mL).

Para profundizar en el conocimiento de la actividad de los AE frente a las levaduras relevantes como lo son *Candida albicans* y *Cryptococcus neoformans*, se realizó otras pruebas de la actividad antifúngica de las 5 AE, esta vez estudiando los porcentajes de inhibición de estas levaduras a las diferentes concentraciones de aceites esenciales probadas en la determinación de CIM y CFM.

La selección de estas dos especies de hongos se debió a que *Cryptococcus neoformans* es la principal causa de meningoencefalitis criptocócica en pacientes con VIH con deficiencias en las defensas, que muchas veces provocan la muerte. (Trpkovic *et al.*, 2012); Pfaller *et al.*, 2005). A su vez, *Candida albicans* es la cuarta causa principal de infección nosocomial en unidades de cuidados intensivos, causando candidiasis invasiva fatal en un alto porcentaje de pacientes (Pfaller y Diekema, 2007). La tabla 18 muestra los porcentajes de inhibición de los hongos *C. albicans* ATCC 10231 y *Cryptococcus neoformans* ATCC 32264 con los AE estudiados y valores de CIM₈₀ (80 % de inhibición) y CIM₅₀ (50% inhibición) del crecimiento fúngico.

Tabla 13. Porcentajes de inhibición de los hongos *C. albicans* y *C. neoformans*

AE	Especie fúngica	250	125	62,5	31,2	15,6	7,8	3,9	MIC ₈₀	MIC ₅₀
<i>Plinia salamanca</i> (Stand) <i>Barrie</i> 8887	<i>C. albicans</i>	24,73±0,13	7,44±0,48	5,75±0,75	2,7±0,26	2,19±0,71	1,96±0,75	0,79±0,23	>250	>250
	<i>Cryptococcus neoformans</i>	100	73,62±1,01	38,78±0,61	25,73±0,62	24,41±0,96	21,03±1,7	8,06±0,34	250	125
	<i>C. albicans</i>	30,12±1,89	16,98±0,54	12,7±0,24	8,63±0,48	7,73±1,24	7,62±0,14	1,2±0,3	>250	>250
<i>Myrcia sp.</i> 8788	<i>Cryptococcus neoformans</i>	100	93,33±0,64	86,31±0,33	44,61±0,49	25,82±4,75	10,65±0,4	8,64±0,38	62,5	62,5
<i>Myrcia sylvatica</i> (G. Mey.) DC 8888	<i>C. albicans</i>	31,2±0,02	14,28±0,93	10,25±1,87	4,51±0,13	4,37±0,64	2,42±0,04	0±0	>250	>250
	<i>Cryptococcus neoformans</i>	100	89,71±1,47	51,34±0,47	31,1±1,04	23,41±0,78	16,05±1,32	4,96±1,02	125	62,5
	<i>C. albicans</i>	26,28±1,08	18,8±1,28	14,83±0,1	6,38±0,36	4,02±1,08	3,14±0,28	1,85±0,32	>250	>250
<i>Plinia sp2.</i> 8881	<i>Cryptococcus neoformans</i>	100	92,87±0,6	60,48±1,28	24,61±4,48	4,42±0,92	1,88±0,73	0±0	125	62,5
<i>Eugenia spB.</i> 8882	<i>C. albicans</i>	22,77±0,71	2,74±0,71	2,43±0,27	1,79±0,23	1,41±0,34	0±0	0±0	>250	>250
	<i>Cryptococcus neoformans</i>	100	64,1±0,27	10,1±1	8±0,41	0±0	0±0	0±0	250	62,5
	<i>C. albicans</i>	100	100	100	100	100	100	100		
<i>Anfotericina B</i>	<i>Cryptococcus neoformans</i>	100	100	100	100	100	100	100		

En la tabla 14, queda nuevamente evidenciado que *C. neoformans* es mucho más susceptible a los componentes de los AE estudiados (CIM₅₀ entre 62,5 y 250 µg/mL) que *C. albicans* (CIM₅₀ de todos los aceites esenciales contra *C. albicans* > 250 µg/mL). Es interesante notar que será posible considerar a los 5 aceites esenciales de estudiados como interesantes para un futuro desarrollo, que incluirá seguramente el estudio de varias

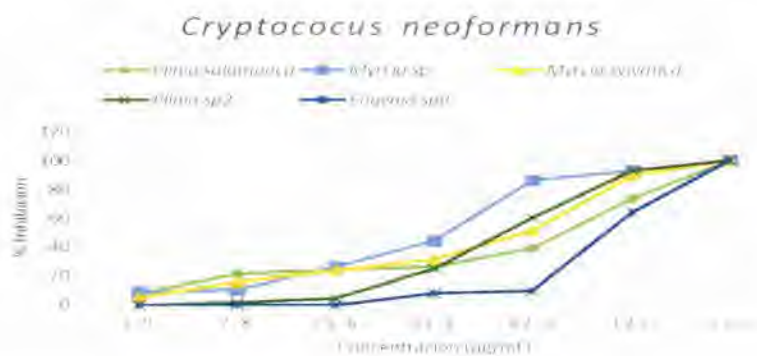
muestras de cada aceite esencial y la determinación de cuál es la composición de cada uno con mejor actividad.

Para una mejor visualización de los datos de la tabla 14, se construyeron dos gráficos que muestran ‘% inhibición’ (eje y) vs ‘concentración’ (eje x). Con respecto al gráfico frente a *Cryptococcus neoformans*, se observa una actividad muy semejante para los 5 aceites esenciales a 250 µg/mL, mientras que se observa una actividad diferencial a menores concentraciones tales como 62,5 µg/mL.

Fig. 8. Gráfica de los resultados de la inhibición de los AE sobre *Candida albicans*



Fig. 9. Gráfica de los resultados de la inhibición de los AE sobre *Cryptococcus neoformans*



En la figura 8 muestra los porcentajes de inhibición comparativos de todos los AE, principalmente de 5 tomados para este trabajo, a distintas concentraciones contra *C. albicans* y la figura 9 el porcentaje de inhibición sobre *Cryptococcus neoformans*. En concentraciones de 1,0 µg/mL contra *C. albicans* y 0,5 µg/ml contra *Cryptococcus neoformans*.

4.2 Discusión

De las especies colectadas de la familia de la Myrtaceae se seleccionaron 6 especies y se tomaron 100 g de las hojas, que presentaron un rendimiento del AE entre 0,20 a 0,97 %. Según Stanshenko (2009) establece que en el proceso de extracción del AE puede presentar variación desde 0,01% hasta el 4%.

En la literatura revisada no sé reportados estudios sobre la *Plinia salamanca*, *Calyptranthes macrocarpa*, por lo que no es posible realizar una comparación de las especies estudiadas.

Tabla 14. Comparación de la composición de los aceites esenciales de las especies estudiadas

Compuesto	IK _{cal}	Ikr _{ef}	<i>Eugenia</i> <i>sp</i> 8882	<i>Myrcia</i> <i>sylvatica</i> 8888	<i>Myrcia</i> <i>spB</i> 8788	<i>Plinia</i> <i>salamancana</i> 8887	<i>Plinia sp2</i> 8881	<i>Calyptranthes</i> <i>macrocarpa</i> 8886
α -pineno	939	939						17,5 ^{a,b}
limoneno	1025	1029	0,9 ^{a,b}					0,2 ^{a,b}
óxido linalool	1064	1067	1,0 ^{a,b}	1,0 ^{a,b}	1,5 ^{a,b}	1,3 ^{a,b}	1,4 ^{a,b}	
β -linalool	1098	1096	8,2 ^{a,b}	7,5 ^{a,b}	10,6 ^{a,b}	11,7 ^{a,b}	11,8 ^{a,b}	
<i>exo</i> - β -fenchol	1116	1116	0,7 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}	0,7 ^{a,b}			
<i>trans-p</i> -menta-2,8-dien-1-ol	1118	1122			0,5 ^{a,b}			
<i>trans</i> -pinocarveol	1140	1139	1,5 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}	0,9 ^{a,b}			5,3 ^{a,b}
α -pinocarvona	1160	1164	0,4 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}	0,3 ^{a,b}	0,3 ^{a,b}	0,3 ^{a,b}
<i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol	1160	1166	2,3 ^{a,b}	1,5 ^{a,b}	2 ^{a,b}	4,4 ^{a,b}	2,1 ^{a,b}	

terpinen-4-ol	1170	1177		0,8 ^{a,b}					1,0 ^{a,b}
<i>p</i> -cimen-8-ol	1179	1182					0,4 ^{a,b}	0,1 ^{a,b}	
α -terpineol	1189	1188	7,4 ^{a,b}	6,8 ^{a,b}	2,2 ^{a,b}	1,4 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}		4,1 ^{a,b}
<i>trans</i> -carveol	1217	1216	0,9 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}	1,0 ^{a,b}	0,6 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}		0,7 ^{a,b}
carvona	1239	1243	0,7 ^{a,b}	0,9 ^{a,b}	0,7 ^{a,b}	0,5 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}		
eugenol	1355	1359	3,3 ^{a,b}						
α -copaeno	1374	1376				3,4 ^{a,b}	2,4 ^{a,b}		2,8 ^{a,b}
β -bourboneno	1384	1388	1,3 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}	0,5 ^{a,b}		0,7 ^{a,b}
<i>trans</i> -cariofileno	1415	1419				3,1 ^{a,b}	3,6 ^{a,b}		8,3 ^{a,b}
α -elemeno	1425	1410	10,8 ^{a,b}	10,3 ^{a,b}	10 ^{a,b}	10,5 ^{a,b}	10,5 ^{a,b}		
γ -muuroloeno	1476	1479	0,8 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}	0,9 ^{a,b}	1,2 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}		
germacreno	1490	1496	0,1 ^{a,b}						
valenceno	1490	1496	0,6 ^{a,b}			0,6 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}		
α -muuroloeno	1495	1500	2,1 ^{a,b}	2,5 ^{a,b}	4,1 ^{a,b}	3,6 ^{a,b}	5,3 ^{a,b}		6,2 ^{a,b}
α -irona	1500	1510	9,8 ^{a,b}	10 ^{a,b}	8,6 ^{a,b}	8,2 ^{a,b}	9,4 ^{a,b}		
β -bisaboleno	1509	1505							0,8 ^{a,b}
γ -cadineno	1513	1513					0,9 ^{a,b}		
<i>trans</i> -calameneno	1521	1522							1,0 ^{a,b}
δ -cadineno	1522	1523					0,8 ^{a,b}		
<i>cis</i> -Calameneno	1521	1529	0,4 ^{a,b}	1,1 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}	0,4 ^{a,b}	0,6 ^{a,b}		
nerolidol	1548	1532	0,3 ^{a,b}						
boronal	1538	1540		0,7 ^{a,b}	1,7 ^{a,b}	0,1 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}		
espatulenol	1575	1578	10,8 ^{a,b}	13,6 ^{a,b}	8,1 ^{a,b}	9,5 ^{a,b}	9,4 ^{a,b}		11,5 ^{a,b}
óxido cariofileno	1583	1583	6,4 ^{a,b}	10,8 ^{a,b}	9,8 ^{a,b}	6,5 ^{a,b}	6,2 ^{a,b}		6,9 ^{a,b}
globulol	1588	1590	3,3 ^{a,b}	2,4 ^{a,b}	3,6 ^{a,b}	2,1 ^{a,b}	3,9 ^{a,b}		2,9 ^{a,b}
ledol	1590	1602	2,6 ^{a,b}	3 ^{a,b}					
τ -cadinol	1648	1640	1,2 ^{a,b}	0,9 ^{a,b}	1,2 ^{a,b}		1,2 ^{a,b}		3,8 ^{a,b}
δ -cadinol	1640	1646	9,8 ^{a,b}	7,1 ^{a,b}	9,6 ^{a,b}	5,0 ^{a,b}	5,8 ^{a,b}		1,9 ^{a,b}
cubenol	1642	1646		2,9 ^{a,b}					
α -Cadinol	1652	1654	3,9 ^{a,b}	3,6 ^{a,b}	4 ^{a,b}	3,4 ^{a,b}	3,8 ^{a,b}		5,3 ^{a,b}
α -óxido de bisabolol B	1653	1658			1,4 ^{a,b}	1,4 ^{a,b}	0,7 ^{a,b}		1,4 ^{a,b}
selin-11-en-4 α -ol	1653	1659	1,1 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}	1,4 ^{a,b}	1,3 ^{a,b}	1 ^{a,b}		
α -bisabolol	1702	1685	2,5 ^{a,b}	2,6 ^{a,b}	2,6 ^{a,b}	3,5 ^{a,b}	4,5 ^{a,b}		8,7 ^{a,b}
2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> -farnesol	1738	1743	1,2 ^{a,b}	0,7 ^{a,b}	1,5 ^{a,b}	2,4 ^{a,b}	0,8 ^{a,b}		
<i>n</i> -heneicosano	2105	2100				0,7 ^{a,b}	0,5 ^{a,b}		

^aIdentificado por GC-FID

^bIdentificación por CG-MS

Total	95,3	85,4	90,2	87,9	91,5	87,0
Monoterpenos hidrocarbonados	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,7%
Monoterpenos oxigenados	25,4%	20,9%	20,5%	20,6%	17,3%	11,4%
Sesquiterpenos hidrocarbonados	16,1%	15,1%	16,2%	23,2%	26,2%	19,8%
Sesquiterpenos oxigenados	43,1%	47,6%	49,9%	35,1%	37,0%	38,1%
otros	9,8%	1,8%	8,6%	9,0%	10,2%	0,0%
Número de compuestos identificados	30	28	27	28	31	21

Los aceites esenciales de las diferentes muestras se caracterizan por la diversidad química.

Las especies de Myrtaceae analizadas hasta el momento, se han identificado más de 44 compuestos diferentes. Sin embargo, muchas sustancias se encontraron solo en pequeñas cantidades (tabla 15).

Hay que hacer nota notar que el perfil de compuestos de la especie *Calyptranthes macrocarpa* es bastante diferente a las especies de *Myrcia* y *Plinia*. A pesar de que todas mayoritariamente en porcentaje tienen sesquiterpenos oxigenados, la especie *Calyptranthes macrocarpa* resalta el α -pineno como compuesto mayoritario.

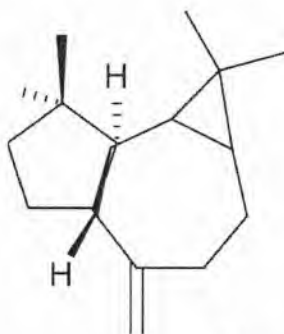
Tabla 15. Compuestos químicos de los aceites esenciales que se encuentran en seis especies

Compuesto	<i>Eugenia</i> <i>sp</i>	<i>Myrcia</i> <i>Sylvatica</i>	<i>Myrcia</i> <i>spB</i>	<i>Plinia</i>		<i>Calyptranthes</i> <i>macrocarpa</i>
				<i>salamancan</i> <i>a</i>	<i>Plinia</i> <i>sp2</i>	
α -pinocarvone	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
α -terpineol	7,4	6,8	2,2	1,4	0,8	4,1
<i>trans</i> -carveol	0,9	0,8	1,0	0,6	0,4	0,7
β -bourboneno	1,3	0,8	0,8	0,4	0,5	0,7
α -muuroleno	2,1	2,5	4,1	3,6	5,3	6,2

espatulenol	10,8	13,6	8,1	9,5	9,4	11,5
óxido						
cariofileno	6,4	10,8	9,8	6,5	6,2	6,9
globulol	3,3	2,4	3,6	2,1	3,9	2,9
δ -cadinol	9,8	7,1	9,6	5,0	5,8	1,9
α -Cadinol	3,9	3,6	4,0	3,4	3,8	5,3
α -bisabolol	2,5	2,6	2,6	3,5	4,5	8,7

Los resultados muestran que 11 compuestos están presentes en las 6 especies estudiadas (tabla 16). El espatulenol es el compuesto de mayor concentración, seguido del óxido de cariofileno.

Fig. 10. Estructura química de espatulenol



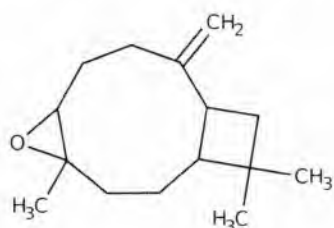
El espatulenol es un compuesto orgánico que se encuentra en una variedad de plantas y aceites esenciales. Es un sesquiterpenoides que se encuentra comúnmente en plantas como la manzanilla, el tomillo, la salvia y el eucalipto.

El espatulenol tiene un aroma dulce y herbáceo, y se utiliza a menudo en la industria de la perfumería y en la elaboración de aceites esenciales y fragancias. Además, se ha demostrado que tiene propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes (Costa *et al.*, 2021)

En la medicina tradicional, se ha empleado como un agente terapéutico para tratar una variedad de afecciones, incluyendo problemas respiratorios, dolores de cabeza, dolores

musculares y artritis. Sin embargo, se requiere más investigación para determinar su eficacia clínica en estas áreas (Do Nacimiento *et al.*, 2018)

Fig. 11. Estructura química del óxido de cariofileno



El óxido de cariofileno es un compuesto orgánico que se encuentra comúnmente en los aceites esenciales de varias plantas y especias, como el clavo de olor, la pimienta negra, la canela y el romero. Es un sesquiterpenoide cíclico que tiene propiedades antiinflamatorias, analgésicas y antioxidantes.

El óxido de cariofileno se ha utilizado en la medicina tradicional para tratar diversas afecciones, como dolor, inflamación y trastornos gastrointestinales. También se ha demostrado que tiene efectos neuroprotectores y puede mejorar la memoria y el aprendizaje (Gyrdymova & Rubtsova, 2021).

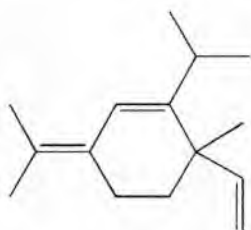
Además de sus propiedades medicinales, el óxido de cariofileno se usa en la industria de la alimentación como aditivo aromatizante y conservante, y en la industria cosmética como ingrediente en productos para el cuidado de la piel y el cabello. También se ha estudiado su potencial como insecticida y repelente de insectos.

Tabla 16. Compuestos químicos de los aceites esenciales que se encuentran en cinco especies

Compuesto	<i>Eugenia sp</i>	<i>Myrcia sylvatica</i>	<i>Myrcia spB</i>	<i>Plinia salamanca</i> <i>a</i>	<i>Plinia sp2</i>
óxido linalool	1,0	1,0	1,5	1,3	1,4
β -linalool	8,2	7,5	10,6	11,7	11,8
<i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol	2,3	1,5	2,0	4,4	2,1
carvona	0,7	0,9	0,7	0,5	0,4
α -elemeno	10,8	10,3	10,0	10,5	10,5
γ -muuroleno	0,8	0,4	0,9	1,2	0,8
α -irona	9,8	10,0	8,6	8,2	9,4
<i>cis</i> -Calameneno	0,4	1,1	0,4	0,4	0,6
τ -cadinol	1,2	0,9	1,2		1,2
selin-11-en-4 α -ol	1,1	0,8	1,4	1,3	1,0
2 <i>E</i> ,6 <i>E</i> -farnesol	1,2	0,7	1,5	2,4	0,8

En la tabla 17 hay presente 11 compuestos que se encuentran presentes en las 5 especies, de los cuales 3 compuestos muestran concentraciones mayoritarias, estos son α -elemeno, β -linalool y α -irona.

Fig. 12. Estructura química del α -elemeno



El α -elemeno es un hidrocarburo sesquiterpénico que se encuentra comúnmente en plantas como la hierbaluisa, el jengibre y el clavo de olor.

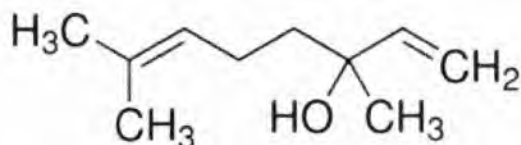
El α -elemeno tiene un aroma a madera y se utiliza a menudo en la industria de la perfumería y en la elaboración de aceites esenciales y fragancias. También se ha usado en la medicina

tradicional para tratar diversas afecciones, como dolor, inflamación y problemas respiratorios.

Se ha demostrado que el α -elemeno tiene propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes, y también puede tener propiedades analgésicas y sedantes. Sin embargo, se necesita más investigación para determinar su eficacia clínica en estas áreas (Yang *et al*, 2020)

Además de sus propiedades medicinales y aromáticas, el α -elemeno también se emplea en la industria de alimentos y bebidas como aditivo saborizante, y en la industria cosmética como ingrediente en productos para el cuidado de la piel y el cabello.

Fig. 13. Estructura química del β -linalool

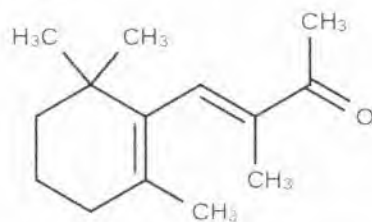


El β -linalool es un monoterpenoide que tiene un aroma floral y fresco, y se utiliza a menudo en la industria de la perfumería y en la elaboración de aceites esenciales y fragancias. Además, de su uso en perfumería, el β -linalool también tiene propiedades medicinales. Se ha demostrado que tiene propiedades antiinflamatorias, anticancerígeno, antioxidante, analgésicas y sedantes, y puede ser útil para tratar la ansiedad y el insomnio. También se ha demostrado que tiene propiedades anticonvulsivas y neuroprotectoras. (Bueno y Méndez, 2015) (Kamatou y Viljoen, 2008)

En la industria de alimentos y bebidas, el β -linalool se usa como aditivo saborizante y aromatizante, y se encuentra comúnmente en bebidas y alimentos con sabor a frutas y

flores. También se emplea en la producción de productos de cuidado personal como champús, acondicionadores y cremas para la piel, debido a sus propiedades calmantes y suaves.

Fig. 14. Estructura química de la α -irona



El α -irona es un compuesto orgánico que se encuentra en varios aceites esenciales de plantas. Son compuestos cetónicos con aroma a violeta que se encuentra comúnmente en plantas como la manzanilla, el tomillo y el orégano. Se utiliza a menudo en la industria de la perfumería y en la elaboración de aceites esenciales y fragancias. También se ha usado en la medicina tradicional para tratar diversas afecciones, como dolor, inflamación, problemas respiratorios y trastornos digestivos.

Se ha demostrado que el α -irona tiene propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas. También puede tener propiedades analgésicas y sedantes, aunque se necesita más investigación para determinar su eficacia clínica en estas áreas (Api *et al.*, 2022). Además de sus propiedades medicinales y aromáticas, el α -irona también se emplea en la industria de alimentos y bebidas como aditivo saborizante, y en la industria cosmética como ingrediente en productos para el cuidado de la piel y el cabello.

Tabla 17. Compuestos químicos que se encuentran en cuatro especies

Compuesto	<i>Eugenia sp</i>	<i>Myrcia Sylvania</i>	<i>Myrcia spB</i>	<i>Plinia salamanca</i>	<i>Plinia sp2</i>	<i>Calyptanthes macrocarpa</i>
<i>trans</i> -pinocarveol	1,5	0,4	0,9			5,3
boronal		0,7	1,7	0,1	0,8	
α -óxido de bisabolol						
B			1,4	1,4	0,7	1,4

Los resultados de la composición de los aceites esenciales muestran que 3 compuestos están presentes en 4 de las 6 especies (tabla 18) y mostró que en *Myrcia spB* contiene los 4 compuestos.

4.2.1 *Eugenia spB* (CIFLORPAN 8882)

Se identificaron 30 compuestos químicos (96,3%), según lo reportado en la tabla 6, conformados por un monoterpeno hidrocarbonado como el limoneno; diez monoterpenos oxigenados como óxido linalool, β -linalool, β -fenchol, *p*-mentha-1,5-dien-8-ol, *trans*-pinocarveol, α -pinocarvona, α -terpineol, *trans*-carveol, carvona, eugenol; 7 sesquiterpenos hidrocarbonados como lo son β -bourboneno, α -elemeno, α -muuroleno, γ -muuroleno, *cis*-calameneno, viridifloreno, valenceno; doce sesquiterpenos oxigenados como nerolidol, ledol, espatulenol, óxido cariofileno, α -irona, δ -cadinol, globulol, α -cadinol, α -bisabolol, τ -cadinol, 2*E*, 6*E*-farnesol, Selin-11-en-4*\alpha*-ol. En la tabla 19 se muestra la comparación de los compuestos de los AE de diferente *Eugenia* reportados en la literatura.

Tabla 18. Comparación de los compuestos de los aceites esenciales del *Eugenia sp* con la literatura

Compuestos	<i>Eugenia sp</i>	<i>E. stipitata</i> ^a	<i>E. piauiensis</i> ^b	<i>E. natalitia</i> ^c	<i>E. uniflora</i> ^d	<i>E. pitanga</i> ^e	<i>E. octopleura</i> ^f	<i>E. octopleura</i> ^f
limoneno	0,9	1,68	1,04		0,04		23,6	20,9
β -linalool	8,2		2,86	1,4		0,1	3,0	3,1
<i>trans</i> -pinocarveol	1,5	0,17	0,53					
α -terpineol	7,4	0,38					1,5	2,6
<i>trans</i> -carveol	0,9						0,1	0,4
eugenol	3,3					74,2		
β -bourboneno	1,3	0,65						
γ -muuroleno	0,8	0,45	1,21		3,59			
germacreno	0,1	2,28				0,52		
nerolidol	0,3						0,3	0,9
espatulenol	10,8	3,87	2,09	2,8	1,08			
óxido cariofileno	6,4	3,81		2,2				
globulol	3,3		0,90					
α -Cadinol	3,9		0,97				0,8	1,4

a Costa, *et al.*, 2020

b Nunes, *et al.*, 2021

c Lawal, *et al.*, 2016

d Lago, *et al.*, 2011

e Kauffman, *et al.*, 2017

f Vergara, 2010

La revisión de la literatura del género *Eugenia* y al compararla con la *Eugenia spB*, se observa la presencia del limoneno en la mayoría de las *Eugenia*, en ausencia en *E. natalitia* y *E. pitanga*. El mayor rendimiento del limoneno se dio en *E. octopleura* (23,6%) y en el *E. octopleura* (20,9%) los cuales fueron obtenidos de dos áreas de Brasil. Otros compuestos obtenidos de la especie analizada se reportaron también en otras especies de *Eugenia*.

4.2.2 *Calyptranthes aff macrocarpa* B. Holst & M.L. Kawas

La composición química de los AE de *Calyptranthes macrocarpa* se reporta 21 compuestos químicos (91,3%) (ver tabla 7) conformados por 2 monoterpenos hidrocarbonados (limoneno, α -pineno); 5 monoterpenos oxigenados (*trans*-pinocarveol, α -pinocarvona, terpinen-4-ol, α -terpineol, *trans*-carveol); 6 sesquiterpenos hidrocarbonados (α -copaeno, β -bourboneno, *trans*-cariofileno, α -muuroleno, β -bisaboleno, *trans*-calameneno); 8 sesquiterpenos oxigenados (espatulenol, τ -cadinol óxido de cariofileno, globulol, α -cadinol, δ -cadinol, α -bisabolol, α -óxido de bisabolol B).

En la tabla 20 se presenta los diferentes compuestos que tienen en común con la *Calyptranthes macrocarpa* y los 7 *Calyptranthes* consultados en la literatura. Se puede observar que el compuesto α -copaeno como el compuesto que se encuentra en todas las *Calyptranthes*, entre un rango de rendimiento de 0,3 a 2,8. Los compuestos espatulenol, β -bisaboleno y α -cadinol están presente en 5 *Calyptranthes* reportados en la literatura.

Tabla 19. Comparación de los compuestos de *Calyptanthus macrocarpa* con relación de la literatura

Compuesto	<i>C. macrocarpa</i>	<i>C. microphylla</i> ^a	<i>C. microphylla</i> ^a	<i>C. hylobates</i> ^b	<i>C. cocinna</i> ^c	<i>C. cocinna</i> ^d	<i>C. cocinna</i> ^e	<i>C. lucida</i> ^e
<i>α-pineno</i>	17,5	48,4				6,6	1,2	
limoneno	0,2	1,1	0,2			3,3	1,9	
<i>trans-pinocarveol</i>	5,3	3,7	5,4					
<i>α-pinocarvona</i>	0,3	1,6	1,2					
terpinen-4-ol	1,0					1,9		
<i>α-terpineol</i>	4,1	1,1	4,3				0,6	
trans-carveol	0,7	0,4	0,9					
<i>α-copaeno</i>	2,8	0,4	0,7	0,3	0,88	0,5	1,9	3,2
<i>β-bourboneno</i>	0,7				1,40		1,2	2,1
<i>trans-cariofileno</i>	8,3	3,4	7,0					
<i>α-muuroleno</i>	6,2	0,3	0,7				0,3	
<i>β-bisaboleno</i>	0,8	12,0	31,7	1,2			25,5	2,4
espatulenol	11,5			0,3	7,33	5,6	5,6	0,4
óxido cariofileno	6,9	1,4	3,4				7,6	3,1
Globulol	2,9				5,43	7,7	6,3	3,8
<i>τ-cadinol</i>	3,8						1,3	0,8
<i>α-cadinol</i>	5,3	1,4	2,2			8,5	2,3	4,1
<i>α-bisabolol</i>	8,7	1,6	4,1	0,6				

a Vergara, 2010

b Velez, 2017

c Antonelo, *et al.*, 2022

d Costa, *et al.*, 2020

e Limberger, *et al.*, 2002

4.2.3 *Myrcia spB* (CICLORPAN 8788)

Se reportaron 28 compuestos químicos (ver tabla 8), 10 monoterpenos oxigenados (óxido linalool, β -linalool, *exo*- β -fenchol, *trans-p*-mentha-1,5-dien-8-ol, *trans*-pinocarveol, α -pinocarvona, α -terpineol, *trans*-carveol, carvona). 6 hidrocarburos sesquiterpénicos (β -bourboneno, γ -muuroleno, *cis*-calameneno, α -elemeno, y α -muuroleno). 12 sesquiterpenos oxigenados (α -irona, espatulenol, óxido de cariofileno, δ -cadinol, α -cadinol, α -óxido de bisabolol, α -elemeno, globulol, selen-11-en-4 α -ol, 2*E*, 6*E*-farnesol, α -bisabolol, y τ -cadinol).

La revisión de la literatura de especies de *Myrcia*, y comparándola con la *Myrcia spB* se recopilan en la tabla 21. El compuesto óxido de cariofileno se encuentra en cinco de las seis *Myrcia* publicadas. El α -muuroleno está presente en cuatro de las seis *Myrcia*, en tres de las especies comparadas con la literatura que contienen tres compuestos: α -terpineol, γ -muuroleno, espatulenol, globulol.

Los compuestos reportados en dos muestras de *Myrcia aff fosteri* estudiadas en Panamá, se observa en la tabla 21, la presencia de α -óxido de bisabolol B, óxido de cariofileno y α -bisabolol, de estos el componente mayoritario es α -óxido de bisabolol B.

Tabla 20. Comparación de los compuestos de *Myrcia spB* con la literatura

Compuesto	<i>Myrcia spB</i>	<i>M. aff fosteri</i> ^a	<i>M. aff fosteri</i> ^a	<i>M. lundiana</i> ^b	<i>M. Palustris</i> ^c	<i>M. eximia</i> ^d	<i>M. guianensis</i> ^e
<i>β-linalool</i>	10,6			2,18			1,83
<i>α-terpineol</i>	2,2			2,90		0,05	0,28
<i>β-bourboneno</i>	0,8				0,27		
<i>α-muuroleno</i>	4,1		0,3		1,09	0,89	0,52
<i>γ-muuroleno</i>	0,9				1,30	1,1	1,64
<i>cis-calameneno</i>	0,4				0,55		
espatulenol	8,1				4,52	2,67	0,81
óxido de cariofileno	9,8	3,5	2,8	3,51	1,12	10,25	
globulol	3,6				1,25	1,78	1,02
<i>α-cadinol</i>	4,0				1,97	5,0	
<i>α-óxido de bisabolol B</i>	1,4	19,2	20,0				
<i>α-bisabolol</i>	2,6	19,2	17,7				

a Vargas, 2020

b Melo, *et al.*, 2021

c Dos Santos, *et al.*, 2021

d Ferreira, *et al.*, 2020

4.2.4 *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC

La composición química del AE de *Myrcia sylvatica* en la cual se identificaron 29 compuestos según lo reportado en la tabla 9, conformado por 10 monoterpenos oxigenado (óxido de linalool, β -linalool, *exo*- β -fenchol, *p*-mentha-1,5-dien-8-ol, *trans*-pinocarveol, α -pinocarvona, terpinen-4-ol, α -terpineol, *trans*-carveol, y carvona). 6 sesquiterpenos hidrocarbonados (β -bourboneno, α -elemeno, α -muuroleno, γ -muuroleno, y *cis*-calameneno). 13 sesquiterpenos oxigenados (α -irona, ledol, τ -cadinol, espatulenol, α -bisabolol, óxido de cariofileno, δ -cadinol, cubenol, globulol, selen-11-en-4- α -ol y *2E,6E*-farnesol).

La revisión de la literatura se recopiló siete estudios en diferentes regiones de la Amazona brasileña de la *Myrcia sylvatica* entre los años 2016 a 2022, se puede observar en la tabla 22, el α -terpineol es el compuesto que se reporta en todas las *Myrcia sylvatica* revisados de la literatura igual al de este estudio. El rendimiento del α -terpineol se encuentra entre trazas a 0,7 %.

Tabla 21. Comparación de los compuestos de *Myrcia sylvatica* con la literatura

Compuestos	<i>M.</i> <i>sylvatica</i>	<i>M.</i> <i>sylvatica</i> ^a	<i>M.</i> <i>sylvatica</i> ^b	<i>M.</i> <i>sylvatica</i> ^b	<i>M.</i> <i>sylvatica</i> ^c	<i>M.</i> <i>sylvatica</i> ^d	<i>M.</i> <i>sylvatica</i> ^d	<i>M.</i> <i>sylvatica</i> ^e
<i>cis</i> -óxido de linalool	1,0					0,1		
β -linalool	7,5		0,1	0,1	tr	0,1	0,1	
<i>exo</i> - β -fenchol	0,8		0,1	0,1				
<i>trans</i> -pinocarveol	0,4	2,03	2,9	1,8	4,06	1,7	0,9	
α -pinocarvona	0,4	0,43	0,7	0,6		0,7	0,3	
<i>p</i> -menta-1,5-dien-8-ol	1,5		0,3	0,2	1,39	1,1	0,8	
terpinen-4-ol	0,8				0,51	0,1	0,1	
α -terpineol	6,8	0,44	0,7	0,6	tr	0,4	0,2	0,1
<i>trans</i> -carveol	0,8		0,3	0,2	tr	0,2	0,1	
R-carvona	0,9		0,1	0,1		0,1	0,1	
γ -muuroleno	0,4		1,0	1,0		0,1	0,3	1,4
α -muuroleno	2,5	0,96				0,8	0,7	
<i>cis</i> -calameneno	1,1	11,68			8,17			
espatulenol	13,6	1,32	1,8	1,7	1,65	1,2	1,4	10,1
óxido de cariofileno	10,0	4,04	3,7		6,98	3,3	3,2	0,4
cubenol	2,9	2,96	4,2	4,2	1,52	3,6	3,4	
α -cadinol	3,6				1,71			2,5
selin-11-en-4 α -ol	0,8					0,4	0,6	

a Saccol, *et al.*, 2018, Santarém (Pará, Brazil)

b Da Silva, *et al.*, 2016, cerca de la comunidad de San Pedro, Brasil

c Saccol, *et al.*, 2016, oriente de la Amazona (Belém, Brasil)

d Raposo, *et al.*, 2018, municipio de Alter do Chão, región de Rio de Amazona, Brasil

e Da Costa, *et al.*, 2022, Isla Caratateua (Belém, Brasil)

4.2.5 *Plinia sp2 (CICLORPAN 8881)*

La composición química de los AE de *Plinia sp2* se identificó 32 compuestos según lo reportado en la tabla 10, conformado por 8 monoterpenos oxigenado como óxido linalool, β -linalool, *p*-mentha-1,5-dien-8-ol, *p*-cimen-8-ol α -pinocarvona, α -terpineol, *trans*-carveol, carvona. 11 sesquiterpenos hidrocarbonado como α -copaeno, β -bourboneno, γ -muuroleno, *cis*-calameneno, *trans*-cariofileno, α -elemeno, α -muuroleno, valenceno, γ -cadineno, y δ -cadineno. 12 sesquiterpenos oxigenado como α -irona, espatulenol, óxido de cariofileno, globulol, τ -cadinol, δ -cadinol, α -cadinol, α -óxido de bisabolol B, selen-11-en-4 α -ol, α -bisabolol y 2*E*,6*E*-farnesol. Un hidrocarburo insaturado, el *n*-heneicosano.

4.2.6 *Plinia Salamancana (Standl Barrie)*

La composición química de los AE de *Plinia salamancana* se identificaron 29 compuestos (ver tabla 11), conformado por 8 monoterpenos oxigenado como óxido linalool, β -linalool, *p*-mentha-1,5-dien-8-ol, *p*-cimen-8-ol α -pinocarvona, α -terpineol, *trans*-carveol, y carvona. 9 sesquiterpenos hidrocarbonados como α -copaeno, β -bourboneno, γ -muuroleno, *cis*-calameneno, *trans*-cariofileno, α -elemeno, α -muuroleno, y valenceno. 11 sesquiterpenos oxigenado como α -irona, espatulenol, óxido de cariofileno, globulol, δ -cadinol, α -cadinol, α -óxido de bisabolol B, Selen-11-en-4 α -ol, α -bisabolol y 2*E*,6*E*-farnesol. Un hidrocarburo insaturado *n*-heneicosano.

La comparación de la de las *Plinia sp* y la *Plinia salamancana* con las *Plinia* consultadas en la literatura muestra que el espatulenol es el compuesto que se reporta en todas las especies entre un rendimiento de 0,27 a 27,2%.

Tabla 22. Comparación de los compuestos de *Plinia sp* y *Plinia salamanca* con la literatura

Compuesto	<i>Plinia sp</i>	<i>P. salamanca</i>	<i>P. cerrocampenesis</i> ^a	<i>P. cauliflora</i> ^b	<i>P. edulis</i> ^c	<i>P. edulis</i> ^d	<i>P. cauliflora</i> ^d	<i>P. trunciflora</i> ^d
β -linalool	11,8	11,7	10,47					
α -terpineol	0,8	1,4	1,20				0,5	
<i>R</i> -carvona	0,4	0,5	0,18					
α -copaeno	2,4	3,4		2,94		2,4	0,4	
β -bourboneno	0,5	0,4		1,77		0,8	1,8	0,5
<i>trans</i> -cariofileno	3,6	3,1		9,23	14,2			
γ -muuroleno	0,8	1,2	1,42		2,1		0,7	9,2
α -muuroleno	5,3	3,6	0,95		2,1	0,3		0,9
γ -cadineno	0,9					0,8		
δ -cadineno	0,8		4,21	3,25	5,0	2,0		3,0
boronal	0,8	0,1						
espatulenol	9,4	9,5	0,27	5,77	1,2	11,9	27,2	4,2
óxido de cariofileno	6,2	6,5		5,42		18,1	21,6	
globulol	3,9	2,1			9,1	1,8	4,1	10,8
τ -cadinol	1,2		0,26	1,46			0,9	1,1
α -cadinol	3,8	3,4			20,2	2,6		2,6
α -óxido de bisabolol B	0,7	1,4	0,92					
α -bisabolol	4,5	3,5	3,46					
<i>n</i> -heneicosano	0,5	0,7						2,2

a Durant, et al., 2014

b Tedesco, et al., 2020

c Ishikawa, et al., 2008

d Apel, et al., 2006

Los bioensayos se realizaron a 5 AE, los resultados de las actividades CIM y CFM muestran que las 5 especies (*Plinia salamanca*, *Myrcia sylvatica*, *Eugenia spB*, *Plinia sp2* y *Myrcia sp*) mostraron actividad antimicrobiana sobre *S. aureus*, *E. coli* y *C. albicans*. El ensayo de CIM y CFM mostro que el AE de *Myrcia sp* mayor eficiencia sobre *Trichophyton rubrum* (Tr) y *Trichophyton mentagrophytes* (Tm), las 5 mostraron actividad sobre *Aspergillus flavus* (A.fl). El ensayo MIC₅₀ demostró que las especies *Myrcia sylvatica*, *Eugenia spB*, *Plinia sp2* y *Myrcia sp* alta inhibición (62,5 µg/ml) sobre *Cryptococcus neoforms*. El ensayo de microdilución a diferentes concentraciones de los AE resultó que la concentración de 250 µg/ml de las 5 especies inhiben a *C. albicans*, a una concentración de 125 µg/ml los AE de *Plinia sp2*, seguido de *Myrcia sylvatica*.

Es importante tener en cuenta que la selección de los hongos a ensayar puede dar lugar a resultados completamente diferentes. Por ejemplo, en un trabajo reciente, las partes aéreas de *Polygonum acuminatum* mostraron propiedades antifúngicas contra levaduras, así como también contra dermatofitos, pero no contra especies de *Aspergillus*. Consecuentemente, si las especies de *Aspergillus* hubieran sido las únicas utilizadas para la detección de propiedades antifúngicas, *Polygonum acuminatum* hubiera sido eliminado para futuras investigaciones. En cambio, el uso de un panel de hongos amplio para las pruebas de esta planta permitió el aislamiento de cuatro compuestos antifúngicos con muy buena actividad (Derita et al., 2009).

5. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

A partir del análisis de los resultados del presente trabajo de investigación podemos concluir:

- Las especies de la familia Myrtaceae se colectaron en diferentes lugares del país, Cerro Jefe, Cerro Azul, Parque Nacional Omar Torrijos, el Cope, Coclé. Estas especies fueron identificadas como *Myrcia sylvatica*, *Plinia salamancana*, *Calyptranthes macrocarpa*, *Eugenia sp*, *Myrcia spB* y *Plinia sp2*.
- Las especies *Siphoneugena cf dusii*, *Eugenia nesiotica* no se pudieron colectar nuevamente, porque los habían talado y no se pudieron ubicar.
- Las especies *Eugenia sp*, *Myrcia spB*, y *Plinia sp2* no se logró identificar por el taxónomo de CIFLORPAN.

Eugenia sp (CIFLORPAN 8882), Parque Nacional Omar Torrijos Herrera, Coclé.

Myrcia spB (CIFLORPAN 8788), Cerro Jefe, Panamá.

Plinia sp2 (CIFLORPAN 8781), Parque Nacional Omar Torrijos Herrera, Coclé.

- Para la extracción de los AE de 6 de las 18 especies, se utilizó un aparato tipo Clevenger recomendado por la Farmacopea Europea, reportándose el porcentaje en porcentaje v/m.
- Las especies colectadas de la familia Myrtaceae se escogieron 6 especies por su porcentaje de rendimiento, a los cuales se caracterizaron su composición de AE; además, se realizaron pruebas de la actividad biológica.

- Las especies que contenían mayor porcentaje de aceites esenciales son:
Plinia salamanca (0,5%), MRT1 (0,4%), *Eugenia nesiotica* (0,4%), *Siphoneugena cf dusii* (0,6%).
- La caracterización de los AE se procedió mediante la técnica de cromatografía de gas acoplado al detector de ionización de llama (FID) y espectrometría de masas. Para la identificación se empleó el índice de Kovats y diferentes bases de datos.
- El AE *Eugenia sp.*, se identificaron 30 compuestos químicos que representa el 95,3%, siendo los de mayor concentración el espatulenol (10,8%). El espatulenol también tiene propiedades relajantes y puede ayudar a reducir el estrés y la ansiedad. Además, se ha demostrado que puede mejorar la función cognitiva y la memoria. Las propiedades del espatulenol incluyen propiedades antiinflamatorias, analgésicas, antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, relajantes y mejoradoras de la función cognitiva. Es un compuesto interesante y versátil que puede tener múltiples usos en la medicina alternativa y la aromaterapia.
- El AE de *Myrcia sylvatica*, se identificaron 30 compuestos químicos (85,0%), el componente mayoritario fue el espatulenol (13,6%).
- El AE de *Calyptanthes macrocarpa*, se identificaron 21 compuestos químicos (87,0%), siendo el de mayor concentración el α -pineno (17,5%). Las propiedades del α -pineno incluyen propiedades antiinflamatorias, analgésicas, antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, expectorantes, broncodilatadoras, lo que significa que puede ayudar a aliviar los síntomas de enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis, y mejoradoras de la función cognitiva. También se ha demostrado que puede mejorar la memoria y la concentración, así como reducir el estrés y la ansiedad.

- El AE de *Myrcia spB*, se identificaron 28 compuestos químicos (90,2%), el componente mayoritario fue el β -linalool (10,6%). El β -linalool ha mostrado ser un compuesto interesante por sus propiedades que varía desde proporcionar aroma en productos de fragancia hasta tener propiedades beneficiosas para la salud, incluyendo analgésicas, antiinflamatorias, ansiolíticas, hipotensoras, sedantes, antimicrobianas, antioxidantes entre otros.
- El AE de *Plinia sp2*, se identificaron 32 compuestos químicos (91,5%), el componente mayoritario fue el β -linalool (11,8%).
- El AE de *Plinia Salamanca*, se identificaron 29 compuestos químicos (87,9%), conformados por ocho monoterpenos oxigenados, nueve sesquiterpenos hidrocarbonados, el componente mayoritario fue el β -linalool (11,7%).
- En estas tres especies (*Myrcia spB*, *Plinia sp2*, *Plinia Salamanca*) el compuesto mayoritario es el β -linalool (10,6%, 11,8%, 11,7%).
- La especie *Calyptanthes macrocarpa* no se le realizó pruebas de bioensayos por falta de aceites esenciales.
- *Plinia salamanca* y *Plinia sp2* presentan actividad antimicrobiana sobre *S. aureus* (1,25 μ g/ml) y *Eugenia sp* sobre *E. coli* (1,25 μ g/ml).
- En la actividad antifúngica fue *Myrcia sp* con un CIMs = 125 μ g/ml y CFM = 250 μ g/ml contra *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes*.
- Con relación a *Cryptococcus neoformans* la actividad de los aceites esenciales de las 5 especies estudiadas mostraron un comportamiento muy semejante.

5.2 Recomendaciones

Para finalizar, deseamos sugerir algunas recomendaciones con base en los resultados y las conclusiones a que se llegó luego del presente estudio:

1. Se recomienda realizar más investigaciones teniendo en cuenta las variables como la época de recolección de la planta, fechas de cosecha y extracción en diferentes tiempos.
2. Las especies *Eugenia sp*, *Myrcia spB*, *Plinia sp2*, habría que monitorear y coleccionar varias veces al año, con la finalidad de encontrar flores, frutos, que ayudaran a su identificación.
3. Se recomienda efectuar pruebas experimentales *in vivo* para determinar la eficacia y/toxicidad de los compuestos químicos del aceite esencial.
4. Comparar el rendimiento de los aceites esenciales obtenidos por distintos métodos de extracción.
5. Complementar los estudios del aceite esencial extraído con estudios de sus propiedades funcionales como, actividad antioxidante.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Acosta, J. M., Arango, O., Álvarez, D. E., y Hurtado, A. M. (2019). Actividad Biocida del Aceite Esencial de *Lippia origanoides* HBK sobre *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Información tecnológica*, 30(6). 45–54. ISSN 0718-0764, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600045>

Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Ed 4.1. ISBN 978-1-932633-21-4

Alarcón, L., Peña, A. Gonzales, N. de C., Quintero, A., Meza, M., Usubillaga, A. y Velasco, J. (2009). Composition and antibacterial activity of the essential oil of (rich.) dc. from Venezuela; *Rev Soc Quím Perú*. 75 (2). 221–227. ISSN 1810-634X.

Albado, E., Saez, G., y Grabiell, S. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Médica Herediana*, 12(1). 16–19, ISSN 1729-214X.

Albo, G. N., Henning, C., Reynaldi, F. J., Ringuélet, J., & Cerimele, E. (2010). Dosis Letal Media (DL50) de algunos aceites esenciales y biocidas efectivos para el control de *Ascosphaera apis* en *Apis mellifera* L. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 11(10). 1–12, ISSN 1695-7504.

Álvarez, D., Hurtado, A., Chavez, D., y Andrade, D. (2018). Actividad biocida del aceite esencial de *Lippia origanoides* HBK (Verbenaceae) sobre *Rhizoctonia solani*: in vitro. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(3). 668–676. ISSN 2011-2173. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7801>

Álvarez, M. R.; Meléndez, L. A., & Cosío, S. M. R. (2017). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Centro de Investigación biológicas del Noreste S, C. México. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/1402>

Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601–611, ISSN 2588-9222, <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>

An, N. T. G., Huong, L. T., Satyal, P., Tai, T. A., Dai, D. N., Hung, N. H., y Setzerr, W. N. (2020). Mosquito Larvicidal Activity, Antimicrobial Activity, and Chemical Compositions of Essential Oils from Four Species of *Myrtaceae* from Central Vietnam. *Plants*, 9(4), 544. ISSN 2223-774, <https://doi.org/10.3390/plants9040544>

Antonelo, F. A., Rodrigues, M. S., Júnior, A. W., & Montanher, P. F. (2022). Chemical composition and antioxidant activity of leaf essential oil from *Calyptanthus concinna* DC. (Myrtaceae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 44, e62438-e62438.

Doi: 10.4025/actascibiolsci.v44i1.62438

Apel, M. A., Sobral, M., Zuanazzi, J. Å., y Henriques, A. T. (2006). Essential oil composition of four *Plinia* species (*Myrtaceae*). *Flavour and fragrance journal*, 21(3), 565-567, ISSN 1099–102, <https://doi.org/10.1002/ffj.1638>

Api, A. M., Belsito, D., Botelho, D., Bruze, M., Burton Jr, G. A., Cancellieri, M. A., ... & Tokura, Y. (2022). *Update to RIFM fragrance ingredient safety assessment, α -irone, CAS registry number 79-69-6*. *Food and Chemical Toxicology*, 163, 112959. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.112959>

Asociación Francesa De Normalización. (1998). *Recueilles de Normes Francaise pour Huiles Essentielles*. Paris. France: AFNOR.

Asquino, N., García, M., Mayol, M., Andrade, E., y Bueno, L. A. (2016). Aceites esenciales: Una opción quimioterapéutica en Periodoncia. *Odontoestomatología*, 18(28). 4–10. ISSN 1688-9339. <v18n28a02.pdf> (scielo.edu.uy)

Aular, Y., Villamizar, M., Pérez, Y., y Pérez, V. (2016). Composición química y toxicidad aguda oral del aceite esencial de *Lippia alba* en ratones. *Salus*, 20(1), 43–51, ISSN 1316-7138. <art08.pdf> (scielo.org)

Azuola, R., y Vargas, P. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Tecnología en marcha*, 20(4), 30–40, ISSN 0379-3162

Bach, T. J., Boronat, A., Campos, N., Ferrer, A. & Vollack, K.-U. (1999). Mevalonate Biosynthesis in Plants. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 34(2), 107–122, ISSN 1549-7798, <https://doi.org/10.1080/10409239991209237>

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446 – 475, ISSN 0278 – 6915. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

Bandoni, A. (2003). Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica; segunda edición. *CYTED*, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata Argentina. 417, ISBN 987-43-6072-0.

Barreto, L.; Costa, F. M.; Araújo, J. D.; Chagas, K.; & Costa, K. (2005). Acción antimicrobiana in vitro de dentífricos conteniendo fitoterápicos. *Avances en odontoestomatología*, 21(4), 195-201. [original3.pdf \(isciii.es\)](http://original3.pdf(isciii.es))

Bettaieb, I, Knioua, S., Hamrouni, I., Limam, F., y Marzouk, B. (2011). Water-Deficit Impact on Fatty Acid and Essential Oil Composition and Antioxidant Activities of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Aerial Parts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(1), 328-334, ISSN 1520-5118, <https://doi.org/10.1021/jf1037618>

Boligon, A. A., & Athayde, M. L. (2014). Importance of HPLC in analysis of plants extracts. *Austin Chromatography*, 1(3), 2. ISSN 2379-7975.

Borges, L., Cardoso, E. y Silveira, D. (2014). Active compounds and medicinal properties of *Myrciaria* genus. *Food Chemistry*, 153, 224 – 233. ISSN 0102-695X. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.064>

Bougatsos, C., Ngassapa, O., Runyoro, D. K., & Chinou, I. B. (2004). Chemical composition and in vitro antimicrobial activity of the essential oils of two *Helichrysum* species from Tanzania. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 59(5-6), 368-372, ISSN 1865-7125, <https://doi.org/10.1515/znc-2004-5-614>

Bueno Duarte, Y., & Méndez Sánchez, S. C. (2015). Efecto del linalool sobre la bioenergética de mitocondrias de hígado de rata. *Vitae*, 22(1), 33-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n1a04>

Carneiro, N.S., Alves, C.C., Alves, J.M., Egea, M.B., Martins, C.H., Silva, T.S., Bretanha, L.C., Balleste, M.P., Micke, G.A., Eduardo V. Silveira, E.V. & Miranda, M.L. (2017). Chemical composition, antioxidant, and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzschiana* Berg (Myrtaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3), 1907–1915, ISSN 1678-2690, <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720160652>.

Cascaes, M. M., Guilhon, G. M. S. P., Andrade, E. H. D. A., Zoghbi, M. D. G. B., & Santos, L. D. S. (2015). Constituents and pharmacological activities of *Myrcia* (Myrtaceae): A

review of an aromatic and medicinal group of plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10), 23881-23904. ISSN 1422-0067

Castillo, G., Ortega, G., Carabeo, V., Delgado, G. y Michelene, G. (2007). Determinación cualitativa de giberelinas y auxinas por cromatografía de capa fina ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 41(1), Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, ISSN: 0138-6204.

Castro, A. J., Juárez, J. R., Ramos, N. J., Suárez, S., Retuerto, F., y Gonzales, S. A. (2011). Elucidación estructural del aceite esencial de *Ruta graveolens* L. ruda, actividad antioxidante y bioensayo de citotoxicidad. *Ciencia e investigación*, 14(1), 26–29, ISSN 1609-9044.

Cerón, I., y Cardona, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cascara de naranja. *Ingeniería y Ciencia*, 7(13), 65–86, ISSN 1794-9165.

Chaverri, C; y Ciccío, J. (2017). Essential oil from leaves of *Myrcianthes fragrans* (myrtaceae) from Costa Rica. a new chemotype. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 16 (4), 385 - 397 ISSN-0717-7917

Chen, G., Sun, F., Wang, S., Wang, W., Dong, J., & Gao, F. (2021). Enhanced extraction of essential oil from *Cinnamomum cassia* bark by ultrasound assisted hydrodistillation.

Chinese Journal of Chemical Engineering, 36, 38–46,

<https://doi.org/10.1016/j.cjche.2020.08.007>

Chrystal, P., Pereira, A., Fernandes, C., De Solusa, J., Gomes, C., Potenza, J., Miller, A., Dantas, M. (2020). Essential Oil from *Psidium cattleianum* Sabine (*Myrtaceae*) Fresh Leaves: Chemical Characterization and *in vitro* Antibacterial Activity Against Endodontic Pathogens. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63, 1–8, ISSN 1678-4324, <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2020190196>

Clinical And Laboratory Standards Institute (antes NCCLS, National Committee for Clinical and Laboratory Standards). (2008). Reference methods for broth dilution antifungal susceptibility testing of yeasts and filamentous fungi. Approved Standards documents M27-A3 (3rd ed.) and M38-A2 (2nd ed.), Wayne Ed., Pennsylvania, EEUU.

Cole, R. A., Haber, W. A., & Setzer, W. N. (2007). Chemical Composition of the Leaf Essential Oil of *Calypttranthes pittieri* from Monteverde, Costa Rica. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 10(4), 273–277, ISSN 0972-060X <https://doi.org/10.1080/0972060X.2007.10643553>

Contreras, B., Díaz, L., Celis, M., Rojas, J., Méndez, L., Rosanzweing, P., y Ontiveros, J. (2017). Actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de *Pimenta racemosa* var. *racemosa* (Mill.) J.W. Moore (*Myrtaceae*) de Táchira – Venezuela; *Revista Ciencia e Ingeniería*, 38(3), 223-230, ISSN 2244-8780.

Correa, M., Galdames, C. y De Stapf, M. (2004). Catálogo de las plantas vasculares de Panamá. *ANAM*, 599, ISBN 9962025524.

Costa, I. F. D. J. B., Simão, T. L. B. V., Calixto, S. D., Pereira, R. V., Konno, T. U. P., Pinto, S. C., ... & Muzitano, M. F. (2021). Anti-mycobacterial and immunomodulatory activity of n-hexane fraction and spathulenol from *Ocotea notata* leaves. *Rodriguésia*, 72. <https://www.scielo.br/j/rod/a/6YtrLNTnZJY4WqzB7BvFbQF/?format=pdf&lang=en>

Costa, M. D. S., Araújo, N. J. S., Freitas, T. S. D., Cunha, F. A. B. D., Amaral, W. D., Deschamps, C., ... & Coutinho, H. D. M. (2020). GC-FID analysis and antibacterial activity of the *Calyptanthes concinna* essential oil against MDR bacterial strains. *Separations*, 7(1), 10. 10; <https://doi.org/10.3390/separations7010010>

Costa, W. K., de Oliveira, J. R. S., de Oliveira, A. M., da Silva Santos, I. B., da Cunha, R. X., de Freitas, A. F. S., ... & da Silva, M. V. (2020). Essential oil from *Eugenia stipitata* McVaugh leaves has antinociceptive, anti-inflammatory and antipyretic activities without showing toxicity in mice. *Industrial Crops and Products*, 144, 112059. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112059>

Cruz, T. E., Rylander, J., Martínez, M., Morales, Y., Roa, S., & Méndez, J.T. (2020). Efecto del aloe vera con aceites esenciales sobre la placa bacteriana en comparación a la clorhexidina. *Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud*, 5(S3), 149-152. ISSN: 2448-8011. [mmfs203zl.pdf \(medigraphic.com\)](https://www.medigraphic.com/mmf203zl.pdf)

Da Silva, A. G., Alves, R. C. C., Filho, C. M. B., Bezerra-Silva, P. C., Santos, L. M. M. D., Foglio, M. A., & Correia, M. T. D. S. (2015). Chemical composition and larvicidal activity of the essential oil from leaves of *Eugenia brejoensis* Mazine (Myrtaceae). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 18(6), 1441-1447, ISSN 0976-5026, <http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2014.1000390>

Da Silva, D., Da Silva, W., y Dos Santos, M. (2019). Atividade antioxidante de óleos essenciais da família Myrtaceae pelo método de dpph. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, 7(2), 325-338, ISSN 2317-434X, <https://doi.org/10.16891/701>.

Da Silva, L., Layse, S., Oliveira, R., Suemitsu, C., Maja, J., y Mourao, R. (2016). Composition and Antimicrobial Activity of Leaf Essential Oils of *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. *European Journal of Medicinal Plants*, 13(3), ISSN 2231-0894, DOI: 10.9734/EJMP/2016/25494.

Da Silva, V., Fernandes, C., Dantas, M., Czermainski, L., Pereira, M. B., Amedeu, G., Vieira, E., Gomes, C., Lemos, M., De Souza, T., Tavares, D., Guidi, L., Guimaraes, F., y Buranelo, M. (2018). Chemical composition and *in vitro* leishmanicidal, antibacterial and cytotoxic activities of essential oils of the Myrtaceae family occurring in the Cerrado biome; *Industrial Crops & Products*, 123, 638–645, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.033>

Da Silveira, R., Andrade, N., Barreto, R., y De Sousa, D. (2014). A Review on Anti-Inflammatory Activity of Phenylpropanoids Found in Essential Oils. *Molecules*, 19, 1459-1480, ISSN 1420-3049, <https://doi.org/10.3390/molecules19021459>

Dardioti, A., Karousou, R., Lanaras, T., & Kokkini, S. (2012). Diversity of *Satureja pilosa* subsp. *origanita* essential oils: a new “oregano” from East Mediterranean. *Biochemical Systematics and Ecology*, 40, 178–183, ISSN 03051978, <https://doi.org/10.1016/j.bse.2011.10.015>

Defaveri, A. C., Sato, A., Borré, L. B., Aguiar, D. L., San Gil, R. A., Arruda, R. C., & Riehl, C. A. (2011). *Eugenia neonitida* Sobral and *Eugenia rotundifolia* Casar. (Myrtaceae) essential oils: composition, seasonality influence, antioxidant activity and leaf histochemistry. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22, 1531-1538. ISSN: 1678-4790 <https://doi.org/10.1590/S0103-50532011000800018>

De Carvalho, N., Rodriguez, N., Macedo, E., Bristot, I., Boligon, A., Campos, M., Cunha, F., Coutinho, H., Klamt, F., Marritt, T., Posser, T., & Franco, F. (2017). *Eugenia uniflora* leaf essential oil promotes mitochondrial dysfunction in *Drosophila melanogaster* through the inhibition of oxidative phosphorylation. *Toxicology Research*, 526–534, ISSN 2045-4538, <https://doi.org/10.1039/c7tx00072c>

De Corato, U., Maccioni, O., Trupo, M., & Di Sanzo, G. (2010). Use of essential oil of *Laurus nobilis* obtained by means of a supercritical carbon dioxide technique against post-

harvest spoilage fungi. *Crop protection*, 29(2), 142–147, ISSN 02612194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.10.012>

De Lima Nunes, T. A., Costa, L. H., De Sousa, J. M. S., De Souza, V. M. R., Rodrigues, R. R. L., Val, M. D. C. A., ... & da Franca Rodrigues, K. A. (2021). *Eugenia piauhiensis* Vellaff. essential oil and γ -elemene its major constituent exhibit antileishmanial activity, promoting cell membrane damage and in vitro immunomodulation. *Chemico-Biological Interactions*, 339, 109429. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2021.109429>

De Menezes, A. P., De Sousa, W. C., De Souza, L. F., Y De Souza Castro, C. F. (2019). Composição química do óleo essencial das flores de *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 24(4), ISSN 1028-4796.

De Souza, L., Damé, L., Honrnke, G., Zieman, M., Alves, M., Y Araújo, M. (2011). Evaluación de la actividad bactericida de aceites esenciales de hojas de guayabo, pitango y arazá. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 16(4), 324–330, ISSN 1028-4796.

Derita, M.; Leiva, M.; Zacchino, S. (2009). Influence of plant part, season of collection and content of the main active constituent, on the antifungal properties of *Polygonum acuminatum* Kunth. *Journal of Ethnopharmacology*, 124(3), 377–383, ISSN 0378-8741, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.05.029>

Dewick, P. (2002). *Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach*. 2^o ed. *John Wiley & Sons Ltd*. 507, ISBN 0 471 49640 5.

Días, A., Batista, H., Sousa, W., Bailão, E., Rocha, J., Sperandio, E., Fernandes, C., Souchie, E. Y Miranda, M. (2020). *Psidium myrtilodes* O. Berg fruit and leaves: physicochemical characteristics, antifungal activity and chemical composition of their essential oils in different seasons. *Natural Product Research*, 36(4), 1043–1047, ISSN: 1478-6427, <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1844689>

Do, T., Hadji-Minaglou, F., Antoniotti, S., Fernandez, X. (2015). Authenticity of essential oils. *Trends in Analytical Chemistry*, 66, 146–157, ISSN 0165-9936, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.10.007>

Do Nascimento, K. F., Moreira, F. M. F., Santos, J. A., Kassuya, C. A. L., Croda, J. H. R., Cardoso, C. A. L., & Formagio, A. S. N. (2018). Antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative and antimycobacterial activities of the essential oil of *Psidium guineense* Sw. and spathulenol. *Journal of ethnopharmacology*, 210, 351-358, ISSN 0378-8741, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.08.030>

Dos Santos, J., Rocha, J., Fonseca, C., Do Nascimento, M., Lobo, Y., Sampaio De Freitas T., Lucas Dos Santosa, A., Pereira Da Cruza, R., Targino, A., Soares, T., Sousa De Brito, E., Lima, D., De Oliveira, W., Martins Da Costa, J., Melo, H., Bezerra, M. (2018). Chemical composition, antifungal activity, and potential anti-virulence evaluation of the

Eugenia uniflora essential oil against *Candida* spp. *Food Chemistry*, 261, 233-239, ISSN 1873-7072, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.015>

Dos Santos, C. V., Mallmann, A. P., Toledo, A. G., Bandeira, D. M., Da Costa, W. F., Marins, D. M. Á., ... & Da Silva, F. G. (2021). Composição química, atividade antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial de folhas *Myrcia palustris* DC.(MYRTACEAE). *Research, Society and Development*, 10(3), ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13303>

Durán, D., Monsalve, L., Martínez, J., Y Stashenko, E. (2007). Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de *lippia alba* provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite. *Scientia et Technica*, 13(33), 435-438, ISSN 0122-1701.

Durant, A., Rodríguez, C, Herrera, L., Almanza, A., Santana, A. I., Spadadora, C., Y Gupta, M.P. (2014). Anti-malarial activity and HS-SPME-GC-MS chemical profiling of *Plinia cerrocampansensis* leaf essential oil. *Malaria Journal*, 13(1), 1–9, ISSN: 1475-2875.

Ebadollahi, A. (2013). Essential oils isolated from Myrtaceae family as natural insecticides. *Annual Review & Research in Biology*, 3(3), 148–175. ISSN 2347-565X, DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/arrb>

EISENREICH, W., BACHER, A., ARIGONI, D., & ROHDICH, F. (2004). Biosynthesis of isoprenoids via the non-mevalonate pathway. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 61(12), 1401-1426, ISSN 1420-9071, DOI: 10.1007/s00018-004-3381-z.

Encyclopedia Británnica. (2011). Enciclopedia Moderna. *Editorial and production Staff*.

El Kharraf, S., El-Guendouz, S., Farah, A., Bennani, B., Mateus, M. C., & Miguiel, M. G. (2021). Hydrodistillation and simultaneous hydrodistillation-steam distillation of *Rosmarinus officinalis* and *Origanum compactum*: Antioxidant, anti-inflammatory, and antibacterial effect of the essential oils. *Industrial Crops and Products*, 168, 113591, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113591>

Escalante, A.; Gattuso, M.; Pérez, P.; Zacchino, S. (2008). Evidence for the mechanism of action of the antifungal *phytolaccoside B* from *Phytolacca tetramera*. *Journal of Natural Products*, 71(10), 1720–1725, ISSN 1520-6025, <https://doi.org/10.1021/np070660i>

European Farmacopoeia. (2005). 5th Edition. Vol1.

Ferreira, O.O., Da Cruz, J.N., Franco, C.J., Silva, S:G., Da Costa, W.A., De Oliveira, M.S., Y Andrade, E.H. (2020). First Report on Yield and Chemical Composition of Essential Oil Extracted from *Myrcia eximia* DC (Myrtaceae) from the Brazilian Amazon. *Molecules*, 25(4), 783, ISSN 1420-3049, <https://doi.org/10.3390/molecules25040783>

Figueiredo, C., Barroso, J., Pedro, L., & Scheffer, J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance journal*, 23(4), 213-226, ISSN:1099-1026, <https://doi.org/10.1002/ffj.1875>

Filomeno, C., Almeida, L., Teixeira, R., Pinheiro, A., Farias, E., Ferreira, J., Y Picango, M. (2020). Chemical diversity of essential oils of Myrtaceae species and their insecticidal activity against *Rhyzopertha dominica*. *Journal Crop Protection*. 137, 1–29, ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105309>

Golmakani, Mt., Y Rezaei, K. (2008). Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L.; *Food Chemistry*,109(4), 925–930, ISSN 2590–1575, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.084>

Guimaraes, A., Melo, M., Bonfim, R., Passos, L., Machado, S., Ribeiro, A., Sabral, M., Thomazzi, S., Y Quintans, L. (2009). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of the essential oil of *Eugenia candolleana* DC., *Myrtaceae*, on mice. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19(4), 884 – 887, ISSN 0102-695X, <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000600016>

Gupta, M. (2004). Investigaciones farmacognósticas sobre la flora panameña. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 70(4), 839–883.

Gupta, M. (2013). Cuatro décadas de investigaciones farmacognósticas sobre la flora panameña. *Tecnociencia*, 15(2), 119-163.

Gyrdymova, Y. V., & Rubtsova, S. A. (2021). Caryophyllene and caryophyllene oxide: a variety of chemical transformations and biological activities. *Chemical Papers*, 1-39. DOI <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01865-8>

Han, X., Y Parker, T. (2017). Anti-inflammatory activity of clove (*Eugenia caryophyllata*) essential oil in human dermal fibroblasts. *Pharmaceutical biology*, 55(1), 1619–1622, ISSN 1744-5116, <http://dx.doi.org/10.1080/13880209.2017.1314513>

Herman, R. A., Ayepa, E., Shittu, S., Fometu, S. S., & Wang, J. (2019). Essential oils and their applications-a mini review. *Advances in Nutrition & Food Science*, 4(4), 1–13, ISSN 2572-5971.

Herrera, P., García, C., Y Delgado, L. (2019). Eficacia disolvente y citotoxicidad del aceite de cáscara de limón (*Citrus limon*). *Revista Estomatológica Herediana*, 29(3), 196–202, ISSN 1019-4355, DOI: <https://doi.org/10.20453/reh.v29i3.3603>

Hunter, W. N. (2007). The Non-mevalonate Pathway of Isoprenoid Precursor Biosynthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 282(30), 21573–21577, ISSN 0021-9258, DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.R700005200>

Ishikawa, T., Kato, E. T. M., Yoshida, M., Y Kaneko, T. M. (2008). Morphoanatomic aspects and phytochemical screening of *Plinia edulis* (Vell.) Sobral (Myrtaceae). *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 44, 515-520, ISSN 1516-933, <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000300023>

Jaramillo, C., Duarte, E., Muñoz, K., Y Stashenko, E. (2010). Composición química volátil del aceite esencial de *Croton malambo* H. Karst. colombiano y determinación de su actividad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 15(3), 133–142, ISSN 1028-4796.

Jothiramshekar, S., Eganathan, P., Y Puthiyapurayil, S. (2014). Antioxidant Activity of the Leaf Essential Oil of *Syzygium calophyllifolium*, *Syzygium makul*, *Syzygium grande* and *Eugenia cotinifolia* ssp. *Codyensis*. *Journal of biologically active products from nature*, 4(1), 12–18, ISSN 2231-1874, <https://doi.org/10.1080/22311866.2014.886960>

Kamatou, G. P., & Viljoen, A. M. (2008). Linalool—A review of a biologically active compound of commercial importance. *Natural Product Communications*, 3(7), 1934578X0800300727.

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1934578X0800300727>

Kauffmann, C., Miranda E., Arossi, K., Hoehne, L., Freitas, L., De Carvalho Machado, G., Do Canto Cavalheiro, M., Flach, A., Alves Da Costa, L. Y Baggio Gnoatto, S. (2017). Chemical Composition and Evaluation Preliminary of Antileishmanial Activity *in vitro* of

Essential Oil from Leaves of *Eugenia pitanga*, A Native Species of Southern of Brazil. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 20(2), 559-569, ISSN: 0976-5026, <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1281767>

Kim, J. & Sudbery, P. (2011). *Candida albicans*, a major human fungal pathogen. *The journal of microbiology*, 49(2), 171-177, <https://doi.org/10.1007/s12275-011-1064-7>

Kim, T., Park, H., Kim, S., Kim, S., Y Park, Y. (2021). Production of (-)- α -bisabolol in metabolically engineered *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Biotechnology*, 340, 13–21, <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.08.008>

Kreutz, T., Lucca, L. G., Loureiro-Paes, O. A. R., Teixeira, H. F., Veiga, V. F., Limberger, R. P., ... Koester, L. S. (2018). Optimization, validation and application of headspace solid-phase microextraction gas chromatography for the determination of 1-nitro-2-phenylethane and methyleugenol from *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez essential oil in skin permeation samples. *Journal of Chromatography A*, 1564, 163–175, ISSN 1873-3778, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.05.073>

Lago, J.H., Souza, E.D., Mariane, B., Pascon, R., Vallim, M.A., Martins, R.C., Baroli, A.A., Carvalho, B.A., Soares, M.G., Dos Santos, R.T., Y Sartorelli, P. (2011). Chemical and Biological Evaluation of Essential Oils from Two Species of Myrtaceae *Eugenia uniflora* L. and *Plinia trunciflora* (O. Berg) Kausel. *Molecules*, 16(12), 9827–9837, ISSN 1420–3049, <https://doi.org/10.3390/molecules16129827>

Lawal, O., Ogunwande, I., Owolabi, M., Opoku, A., Oyedeji, A. (2016). Chemical composition, antibacterial activity, and brine shrimp lethality test of essential oil from the leaves of *Eugenia natalitia*. *Chemistry of Natural Compounds*, 52(4), 731–733, ISSN 1573-8388, DOI 10.1007/s10600-016-1758-5

Lee, Y. S., Kim, J., Shin, S. C., Lee, S. G., & Park, I. K. (2008). Antifungal activity of Myrtaceae essential oils and their components against three phytopathogenic fungi. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(1), 23-28. ISSN 1099–102, DOI: 10.1002/ffj.1850

León, P. Y Guevara, A. (2007). La síntesis de isoprenoides a través de la vía MEP; un nuevo blanco de manipulación para la salud y el beneficio humano. *Mensaje bioquímico*, 31, 77–91, ISSN-0188-137X.

Leyva, M., Del Carmen, M., Montada, D., Payroll, J., Scull, R., Morejón, G., Pino, O. (2020). Aceites esenciales de *eucalyptus globulus (labill)* y *bursera graveolens (Kunth) Triana; Planch* para el control de mosquitos de importancia médica. *The Biologist (Lima)*, 18(2), 239–250, ISSN 1994-9073, <https://doi.org/10.24039/rtb2020182804>

Li, Y., Craker, H., Y Potter, T. (1996). Effect of the light level on essential oil production of sage (*salvia officinalis*) and thyme (*thymus vulgaris*). *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants*, 426, 419-426, DOI: [10.17660/ActaHortic.1996.426.46](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.426.46)

Lima, M., Cordeiro, I., Marx, M., Sobra, M., Y Moreno, P. (2006). Antimicrobial activity of the essential oil from two specimens of *Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) L. R. *Landrum* (Myrtaceae) native from Sao Paulo state – Brazil. *Pharmacologyonline*, 3, 598–593, ISSN: 1827-8620.

Limberger, R.P., Simões-Pires, C.A., Sobral, M., Menut, Jean-Marie Bessiere, J., Henriques, A.T. (2002). Essential oils from *Calyptanthes concinna*, *C. lucida* and *C. rubella* (Myrtaceae). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 38(3), 355–360, <https://doi.org/10.1590/S1516-93322002000300011>

Linde, G.A., Colauto, N.B., Albertó, E., Y Gazim, Z.C. (2016). Quimiotipos, Extracción, Composición y Aplicaciones del Aceite Esencial de *Lippia alba*. *Revista Brasileira de plantas Medicinaiis*, 8(1), 191–200, ISSN 1983-084X, https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_037

López, R. J., Espinosa, H., García, E., & Herrera, S. E. (2018). Efecto antifúngico de emulsiones a base de aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia graveolens*), contra *Candida albicans*. *Salud Jalisco*, 5(1), 42-45.

López, T. (2004). Los aceites esenciales, aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias. *Ámbito Farmacéutico*, 23(7), 88-91. [file:///C:/Users/profe/Downloads/13064296%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/profe/Downloads/13064296%20(1).pdf)

Lucena, M.E. Escalante, C.M., González, M.V., Rojas, L., Cordero, Y., R Ustáriz, F., Carmona, J., Torres, S. (2019). Composición y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Austroeupeatorium inulifolium* (Kunth) King & Robinson (*Asteraceae*). *Revista Cubana de Farmacia*, 52(4), 1–16, ISSN 1561-2988

Maeda, H., & Dudareva, N. (2012). The Shikimate Pathway and Aromatic Amino Acid Biosynthesis in Plants. *The Annual Review of Plant Biology*, 63, 73–105, <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105439>

Magiatis, P., Skaltsounis, A. L., Chinou, I., & Haraotounian, S. A. (2002). Chemical composition and in-vitro antimicrobial activity of the essential oils of three Greek *Achillea* species. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57(3-4), 287-290, ISSN: 1865-7125, <https://doi.org/10.1515/znc-2002-3-415>

Marín, J., Y Céspedes, C. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Fitotécnica mexicana*, 30(4), 327–351, ISSN 0187-7380.

Martín, D., (2018). The phenolic Compounds: an approach to their biosynthesis, synthesis, and biological activity. *Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 81-104. ISSN 2145-6097. DOI [10.22490/21456453.1968](https://doi.org/10.22490/21456453.1968)

Martínez, A. (2003). Aceites esenciales. *Journal Natural Product*, 59(1), 77-79, ISSN 0378-7818.

Martínez, M. J., Betancour, J., Ramírez, A. R., Barceló, H., Meneses, R., Y Lainez, A. (2000). Evaluación toxicológica aguda de los extractos fluidos al 30 y 80% de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (caña santa). *Cubana de Plantas Medicinales*, 5(3), 97-101, ISSN 1028-4796.

Masango, P. (2005). Cleaner production of essential oils by steam distillation. *Journal of Cleaner Production*, 13(8), 833–839, ISSN 1879–1786, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.039>

Melo, C. R., Blank, A. F., Oliveira, B. M. S., Santos, A. C. C., Cristaldo, P. F., Araújo, A. P. A., Y Bacci, L. (2021). Formicidal activity of essential oils of *Myrcia lundiana* chemotypes on *Acromyrmex balzani*. *Crop Protection*, 139, 105343, ISSN 02612194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105343>

Mendes, J. M., Guerra, F. Q. S., De Oliveira, F., De Sousa, J. P., & Trajamo, V. N. (2012). Actividad antifúngica del aceite esencial de *Eugenia caryophyllata* sobre cepas de *Candida tropicalis* de aislados clínicos. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(3), 208-217, ISSN 0717-7917

Mitra, S. K., Irenaeus, T. K. S., Gurung, M. R., & Pathak, P. K. (2012). Taxonomy and importance of Myrtaceae. *III International Symposium on Guava and other Myrtaceae*, 959, 223, ISSN 0567-7572.

Montoya, G. (2010). Aceites esenciales: Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero. *Universidad de Colombia*. ISBN 958-8280-26-4.

Moreno, J., López, G., Y Siche, R. (2010). Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). *Scientia Agropecuaria*, 1(2), 147 – 154, ISSN 2306-6741.

Motsei, M.; Lindsey, K.; Van Staden, J.; & Jager, A. (2003). Screening of traditionally used South African plants for antifungal activity against *Candida albicans*. *Journal of Ethnopharmacology*, 86(2-3), 235–241, doi:10.1016/S0378-8741(03)00082-5

Muñoz, A., Bottia, E. J., Cardenas, C. Y., Patiño, J. G., Diaz, O. L., Martínez, J. R., ... & Stashenko, E. E. (2007). Estudio comparativo sobre la capacidad de atrapamiento del catiónradical abts+. por los aceites esenciales de especies aromáticas con alto contenido de *trans*-anetol y estragol. *Scientia et Technica*, 13(33), 117-120.

Neira, L. F., Mantilla, J. C., Stashenko, E., & Escobar, P. (2018). Toxicidad, genotoxicidad y actividad anti-Leishmania de aceites esenciales obtenidos de cuatro (4) quimiotipos del género *Lippia*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17(1), 68-83.

Nieves, E., Fernández, J., Lias, J., Rondón, M., Y Briceño, B. (2010). Actividad repelente de aceites esenciales contra las picaduras de *Lutzomyia migonei* (Diptera: *Psychodidae*). *Biología Tropical*, 58(4), 1549–1560, ISSN 0034-7744

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). (1997). Vocabulario de Materiales Naturales. D1S9235.2.

Osanloo, M., Sedaghat, M. M., Esmaeili, F., Y Amani, A. (2018). Larvicidal Activity of Essential Oil of *Syzygium aromaticum* (Clove) in Comparison with Its Major Constituent, Eugenol, against *Anopheles stephensi*. *Journal of arthropod-borne diseases*, 12(4), 361, ISSN 2322-2271

Pacciaroni, A.; Gette, M.; Derita, M.; Ariza, L.; Gil, R.; Zacchino, S.; Silva, G. (2008). Antifungal activity of *Heterothalamus alienus* metabolites. *Phytotherapy Research* 22(4), 524–528, ISSN 1099-1573, <https://doi.org/10.1002/ptr.2380>

Park, C., Jang, M., Shin, E., Y Kim, J. (2017). Myrtaceae Plant Essential Oils and their β -Triketone Components as Insecticides against *Drosophila suzukii*. *Molecules*, 22(7), 1050, ISSN 1420-3049, doi:10.3390/molecules22071050

Park, H., Kim, J., Chang, K., Kim, B., Yang, Y., Kim, G., Shin, S., Park, I. (2011). Larvicidal Activity of Myrtaceae Essential Oils and Their Components Against *Aedes*

aegypti, Acute Toxicity on *Daphnia magna*, and Aqueous Residue. *Journal of Medical Entomology*, 48(2), 405–410, <https://doi.org/10.1603/ME10108>

Pasi, S.; Aligiannis, N.; Pratsinis, H.; Skaltsounis, A.; Chinou, I. (2009). Biologically active triterpenoids from *Cephalaria ambrosioides*. *Planta Medica*, 75(02), 163–167, ISSN 1439-0221, DOI 10.1055/s-0028-1088391

Paucar-Rodriguez, E., Peltroche-Adrianzen, N., Cayo-Rojas, C. (2021). Antibacterial and Antifungal Activity of the essential oil of *Minthostachys mollis* against oral microorganisms. *Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 40, 1–19, ISSN 1561-3011.

Pellecuer, J. (1995). Aromaterapia y toxicidad de los aceites esenciales; Natura Medicatrix. N° 37-38. *Natura Medicatrix: Revista médica para el estudio y difusión de las medicinas alternativas*, 37, 36-40.

Pensuk, W., Padumanonda, T., Y Pichaenoonthon, C. (2007). Comparison of the Chemical Constituents in *Michelia alba* Flower Oil Extracted by Steam Distillation, Hexane Extraction and Enfleurage Method. *Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine*, 5(1), 30– 39.

Petropoulos, S., Daferera, D., Polissiou, M., & Passam, H. (2008). The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*, 115(4), 393–397, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.008>

Pfaller, Ma; Messer, Sa; Boyken, L., Rice, C., Tendolkar, S., Hollis, Rj; Doern, Gv; Diekema, Dj. (2005). Global Trends in the Antifungal Susceptibility of *Cryptococcus neoformans* (1990 to 2004). *Clinical Microbiology*, 43(5), 2163–2167, ISSN 1098-6618, doi: [10.1128/JCM.43.5.2163-2167.2005](https://doi.org/10.1128/JCM.43.5.2163-2167.2005)

Pfaller, Ma. & Diekema, Dj. (2007). Epidemiology of invasive candidiasis: a persistent public health problem. *Clinical microbiology reviews*, 20(1), 133-163, ISSN 1098-6618, <https://doi.org/10.1128/CMR.00029-06>

Pourmortazavi, S. & Hajimirsadeghi, S. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of Chromatography A*. 11638(1-2), 2–24,ISSN 1873-3778, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.06.021>

Prasad, N. R., Anandí, C., Balasubramanian, S., & Pugalendi, K. V. (2004). Antidermatophytic activity of extracts from *Psoralea corylifolia* (Fabaceae) correlated with the presence of a flavonoid compound. *Journal of Ethnopharmacology* 91(1), 21-24, ISSN 0378-8741, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.11.010>

Raposo, J. D. A., Figueiredo, P. L. B., Santana, R. L., Da Silva Junior, A. Q., Suemitsu, C., Da Silva, R., Mourão, R.H., & Maia, J. G. S. (2018). Seasonal and circadian study of the essential oil of *Myrcia sylvatica* (G. Mey) DC., a valuable aromatic species occurring in the Lower Amazon River region. *Biochemical Systematics and Ecology*, 79, 21–29, ISSN 03051978, <https://doi.org/10.1016/j.bse.2018.04.017>

Reineccius, G. (2006). Flavor Chemistry and Technology (2nd ed.). *CRC Press. Taylor & Francis Group*, <https://doi.org/10.1201/9780203485347>

Requejo, Ana. (2022). Aceites esenciales en sinergia. Málaga: ExLibric. ISBN 9788418230721.

Ricaldi, J. Y Martínez, A. (2014). Cromatografía de gases-espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de *Satureja incana*. *Revista Apuntes de ciencias y sociedad*. 4(2), ISSN 2225-515X, <https://doi.org/10.18259/acs.2014033>

Ricciardi, G.; Y Ricciardi, A. (2000). Efecto de las variaciones estacionales sobre la composición química del aceite esencial de plantas de “*salvia morada*” de Sáenz Peña (Chaco). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, UNNE; Exactas N° 11.

Roberts, C.W., Roberts, F., Lyons, R.E., Kirisits, M.J., Mui, E.J., Finnerty, J., Johnson, J.J., Ferguson, D.J., Coggins, J.R., Krell, T., Coombs, G.H., Milhous, W.K., Kyle, D.E., Tzipori, S., Barnwell, J., Dame, J.B., Jane, C., Mcleod, R. (2002). The Shikimate Pathway and Its Branches in Apicomplexan Parasites. *The Journal of Infectious Diseases*, Volume 185(1), 25–36, ISSN 1537-6613, <https://doi.org/10.1086/338004>

Rohmer, M. (1999). The Discovery of a mevalonate independent pathway for isoprenoid biosynthesis in bacteria, algae, and higher plants. *Natural Product Reports*, 16(5), 565–574, ISSN 1460-4752, DOI <https://doi.org/10.1039/A709175C>

Rojas, L. B.; Velasco, J.; Díaz, T.; Gil, O, R.; Carmona, J., Y Usubillaga, A. (2010). Composición química y efecto antibacteriano del aceite esencial de *Aloysia triphylla* (L' Hér.) Britton contra patógenos genito-urinarios. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 9(1), 56-62. ISSN: 0717-7917. <https://www.redalyc.org/pdf/856/85612108007.pdf>

Rosa, C. S., Veras, K. S., Silva, P. R., Lopes Neto, J. J., Cardoso, H. L. M., Alves, L. P. L., ... & Moraes, D. F. C. (2016). Composição química e toxicidade frente *Aedes aegypti* L. e *Artemia salina* Leach do óleo essencial das folhas de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 18, 19–26, ISSN 1983-084X, https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_006

Rueda, X. Y., Parada, D. Y. P., Y Mancilla, L. L. L. (2011). Variabilidad del rendimiento del aceite esencial de *Calycolpus moritzianus* nativo de Norte de Santander (Colombia) de acuerdo con el tratamiento de la hoja. BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS, 9(1).

Rukayadi, Y.; Seok, J.; Hwang, J. (2008). Screening of Thai medicinal plants for anticandidal activity. *Mycoses* 51(4), 308–314, ISSN 1439-0507, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.2008.01497.x>

Saccol, E. M., Toni, C., Pês, T. S., Ourique, G. M., Gressler, L. T., Silva, L. V., Mourão, R.H., Oliveira, R.B., Baldisserotto, B. Y Pavanato, M. A. (2016). Anaesthetic and

antioxidant effects of *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. and *Curcuma longa* L. essential oils on *tambaqui* (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture Research*, 48(5), 2012–2031, ISSN:1365-2109, <https://doi.org/10.1111/are.13034>

Saccol, E. M. H., Parrado-Sanabria, Y. A., Gagliardi, L., Jerez-Cepa, I., Mourão, R. H. V., Heinzmann, B. M., Baldisserotto, B., Pavanato, M. A., Mancera, J.M., Y Martos-Sitcha, J. A. (2018). *Myrcia sylvatica* essential oil in the diet of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) attenuates the stress response induced by high stocking density. *Aquaculture Nutrition*, 24(5), 1381–1392, ISSN 1365-2095, <https://doi.org/10.1111/anu.12675>

Sampaio, T., De Castro N. D., Secundo, L., De Oliveira J., Almeida, C., Freitas, M., Gagliardi, P., Arrigoni-Blank, M., Wisniewski, A., Guerra, M., Y Fitzgerald, A. (2016). Chemical diversity of a wild population of *Myrcia ovata* Cambessedes and antifungal activity against *Fusarium solani*. *Industrial Crops and Products*, (86), 196–209, ISSN 09266690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.042>

Santana, A., y Gupta, M. (2018). Potential of Panamanian aromatic flora as a source of novel essential oils. *Biodiversity International Journal*. 2(5). 405-413, ISSN 2575-906X, DOI:10.15406/bij.2017.02.00093

Scalvenzi, L., Grandini, A., Spagnoletti, A., Tacchini, M., Neill, D., Ballesteros, J., Sacchetti, G., Guerrini, A. (2017). *Myrcia splendens* (Sw.) DC. (syn. *M. fallax* (Rich.) DC.) (*Myrtaceae*) Essential Oil from Amazonian Ecuador: A Chemical Characterization and

Bioactivity Profile. *Molecules*, 22(7), 1163, ISSN 1420-3049,
<https://doi.org/10.3390/molecules22071163>

Shankar, S., Prasad, S., Owaiz, M., Yadav, S., Manhas, S., Y Yaqoob, M. (2021). Essential oils, components, and their applications: A review. *Plant Arch*, 21, 2027–2033, ISSN:2581-6063, <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.S1.331>

Sharmeen, J. B., Mahomoodally, F. M., Zengin, G., Y Maggi, F. (2021). Essential oils as natural sources of fragrance compounds for cosmetics and cosmeceuticals. *Molecules*, 26(3), 666, ISSN 1420–3049,
<https://doi.org/10.3390/molecules26030666>

Silva, A., Uetanabaro, A., Y Lucchese, A., (2013). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oils from *Myrcia alagoensis* (Myrtaceae). *Natural Product Communications*, 8(2), 269–271, ISSN 1555-9475, DOI: [10.1177/1934578X1300800235](https://doi.org/10.1177/1934578X1300800235)

Silva, E., Estevam, E; Silva, T., Nicolella, H., Furtado, R., Alves, C., Souchie, E., Martins, H., Tavares, C; Barbosa, C., Y Miranda, L. (2019). Antibacterial and antiproliferative activities of the fresh leaf essential oil of *Psidium guajava* L. (Myrtaceae). *Brazilian Journal of Biology*, 79(4), 697-702, ISSN 1678-4375, <https://doi.org/10.1590/1519-6984.189089>

Silva, E. R., Igartuburu, J. M., Overbeck, G. E., Soares, G. L., Macías, F. A. (2021). Are phytotoxic effects of *Eucalyptus saligna* (Myrtaceae) essential oil related to its major compounds? *Australian Journal of Botany*, 69(3), 174–183, ISSN 1444-9862 <https://doi.org/10.1071/BT20082>

Silva, C., Barbosa, L., Demuner, A., J; Montanari, R., M; Pinheiro, A., Dias, I., & Andrade, N. (2010). Chemical composition and antibacterial activities from the essential oils of Myrtaceae species planted in Brazil. *Química Nova*, 33(1), 104–108, ISSN 1678-7064, <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100019>

Silva, R.C., Costa, J.S.D., Figueiredo, R.O.D., Setzer, W.N., Silva, J.K.R.D., Maia, J.G.S., & Figueiredo, P.L.B. (2021). Monoterpenes and Sesquiterpenes of Essential Oils from *Psidium* Species and Their Biological Properties. *Molecules*, 26(4), 965, ISSN 1420–3049, <https://doi.org/10.3390/molecules26040965>

Singh, H. P., Kaur, S., Negi, K., Kumari, S., Saini, V., Batish, D. R., & Kohli, R. K. (2012). Assessment of *in vitro* antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented *Eucalypt*; *Myrtaceae*) and its major constituents. *LWT-Food science and Technology*, 48(2), 237-241, ISSN 0023- 6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.019>

Singh, J., Baghptia, A., & Goel, S. P. (2012). *Eugenia caryophyllata* Thunberg (family myrtaceae): a review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 3(4), 1469-1475. ISSN: 2229-3701

Stashenko, E. (2009). Aceites esenciales. Universidad Industrial de Santander, SBN: 978-958-44-5944-2.

Stashenko, E. (2019). El desarrollo y perspectivas de la industria de aceites esenciales en Colombia. Research Center for Biomolecules, CENIVAM, Universidad Industrial de Santande.

Stefanello, M.E., Armando C. Cervi, A.C., Ito, I.Y., Salvador, M.J., Alberto Wisniewski Jr, A. & Simionatto, E.L. (2008). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils of *Eugenia chlorophylla* (Myrtaceae). *Journal of Essential Oil Research*, 20(1), 75–78, ISSN 2163-8152, <https://doi.org/10.1080/10412905.2008.9699427>

Stefanello, M. É. A., Pascoal, A. C. R. F., & Salvador, M. J. (2011). Essential Oils from Neotropical Myrtaceae: Chemical Diversity and Biological Properties. *Chemistry & Biodiversity*, 8(1), 73–94, ISSN 1612-1880, <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000098>

Tabopda, T.; Fotso, G.; Ngoupayo, J.; Mitaine-Offer, A.; Ngadjui, B.; Lacaille-Dubois, M. (2009). Antimicrobial dihydrocumarins from *Crassocephalum bialbrae*. *Planta Médica*, 75(11), ISSN 1439-0221, DOI: 10.1055/s-0029-1185545.

Tedesco, L., De Campos Bortolucci, W., Silva, E. S., Gonçalves, J. E., Colauto, N. B., Gazim, Z. C., & Linde, G. A. (2020). Phenological stage of jaboticaba tree (*Plinia cauliflora*) in the chemical composition of the essential oil of the leaves and antioxidant

activity. *Research, Society and Development*, 9(9), 1-30, ISSN 2525-3409, <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7305>

Tenorio, A. I. S., Vargas, D., Espinosa, A., Díaz, A., & Gupta, M. P. (2011). Chemical composition of leaf essential oils of *Calyptrocalyx microphylla* B. Holts & ML, *Myrcia aff fosteri* Croat and *Eugenia octopleura* Krug & Urb from Panama. *Journal of Essential Oil Research*, 23(5), 29-33, ISSN 2163-8152 <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700478>

Tietbohl, L., Mello, C., Silva, L., Dolabella, I., Franco, T., Enríquez, J., Santos, M., Fernandes, C., Machado, F., Mexas, R., Azmbuja, P., Araújo, H., Moura, W., Ratcliffe, N., Feder, D., Roche, L., & González, M. (2019). Green insecticide against Chagas disease: effects of essential oil from *Myrciaria floribunda* (Myrtaceae) on the development of *Rhodnius prolixus* nymphs. *Journal of Essential Oil Research*, 32(1), 1-11, ISSN 2163-8152, <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1631894>

Tripathi, A., Upadhyay, S., Bhuiyan, M., & Bhattacharya, P. (2009). A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 1(5), 52-63, ISSN 2141-2502.

Trpkovic, A., Pekmezovic, M., Barac, A.; Radovic, Lc; Arsenijevic, Va. (2012). *In vitro* antifungal activities of amphotericin B, 5-fluorocytosine, fluconazole and itraconazole against *Cryptococcus neoformans* isolated from cerebrospinal fluid and blood from

patients in Serbia. *Journal de mycologie médicale*, 22(3), 243-248, ISSN 2186-165X, <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2012.06.002>

Tucker, A. O., Maciarello, M. J., Salywon, A. M., & Landrum, L. R. (2001). Volatile leaf oil of *Calypttranthes sintenisii* Kiaersk (Myrtaceae) of Puerto Rico. *Journal of Essential Oil Research*, 13(6), 427-428, ISSN 2163-8152, DOI: 10.1080/10412905.2001.9699715

Usano-Aleman, J.; Paúl, J.; Y Díaz, S. (2014). Aceites esenciales: conceptos básicos y actividad antibacteriana. *Reduca (Biología)*, 7(2), 60–70, ISSN 1989-3620.

Vale-Silva, L.; Gonçalves, M.; Cavaleiro, C.; Salgueiro, L.; & Pinto, E. (2010). Antifungal activity of the essential oil of *Thymus x viciosoi* against *Candida*, *Cryptococcus*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *Planta médica*, 76(9), 882-888, ISSN 1439-0221, DOI: 10.1055/s-0029-1240799.

Vélez, U. (2017). Estudio de la composición química y actividad aleloquímica de las hojas de *Calypttranthes hylobates* Stanl. *Ex amshoffe Unigni sp* de la república de Panamá. [Tesis de licenciatura]: Universidad de Panamá.

Vargas, D. (2010). Composición y evaluación de la actividad biológica de los aceites esenciales de tres especies de Myrtaceae. [Tesis de licenciatura]: Universidad de Panamá.

Victoria, F. N., Lenardao, E. J., Savegnago, L., Perin, G., Jacob, R. G., Alves, D., ... & Da Silva Nascente, P. (2012). Essential oil of the leaves of *Eugenia uniflora* L.: Antioxidant and antimicrobial properties. *Food and chemical toxicology*, 50(8), 2668-2674. ISSN 0278 – 6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.002>

Vignola, M., Serra, M., Y Andreatta, A. (2020). Actividad Antimicrobiana de Diversos Aceites Esenciales en Bacterias Benéficas, Patógenas y Alterantes de Alimentos. *Revista Tecnología y Ciencia*, 18(37), 92–100, ISSN 1666-6933, DOI: <https://doi.org/10.33414/rtyc.37.92-100.2020>

Vila, R., Santana, A., Pérez-Rosés, R., Valderrama, A., Castellí, M., Mendonca, S., Zacchino, S., Gupta, M., & Cañigual, S. (2010). Composition and biological activity of the essential oil from leaves of *Plinia cerrocampanensis*, a new source of α -bisabolol. *Bioresource Technology*, 101(7), 2510 – 2514, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.021>

Vranová, E., Coman, D., Y Gruissem, W. (2013). Network Analysis of the MVA and MEP Pathways for Isoprenoid Synthesis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 64(1), 665–700, ISSN 1545-2123, doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120116

Yang, M. T., Kuo, T. F., Chung, K. F., Liang, Y. C., Yang, C. W., Lin, C. Y., ... & Yang, W. C. (2020). Authentication, phytochemical characterization and anti-bacterial activity of

two *Artemisia* species. Food Chemistry, 333, 127458.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127458>

Yuan, W.; Yi, Y.; Tan, R.; Wang, Z.; Sun, G.; Xue, M.; Zhang, H.; & Tang, H. (2009). Antifungal triterpene glycosides from the sea *Cucumber holothuria* (Microthele) axiloga. *Planta Medica*, 75(6), 647–653, ISSN 1439–0221, DOI: 10.1055/s-0029-1185381

Zacchino, S.; Yunes, R.; Cechinel F., V.; Enriz, D.; Kouznetsov, V.; Ribas, J. (2003). The need for new antifungal drugs: Screening for antifungal compounds with a selective mode of action with emphasis on the inhibitors of the fungal cell wall. En: Rai, M.; Mares, D. (Eds.) Plant-derived antimycotics. Current trends and future prospects. Haworth Press (NY).

Zekaria, D.; Calier, L. (2014). Los aceites esenciales. Una alternativa a los antimicrobianos. Laboratorios Calier.

Zoghbi, M. D. G. B., Andrade, E. H. A., Da Silva, M. H. L., Carreira, L. M. M., & Maia, J. G. S. (2003). Essential oils from three *Myrcia* species. Flavour and fragrance journal, 18(5), 421-424, ISSN 1099–102, <https://doi.org/10.1002/ffj.1242>