

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería

Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



“Estudio del efecto estacional sobre la composición química y la actividad antioxidante de aceites esenciales de cinco especies de *Salvia*, nativas de Baja California: *S. mellifera*, *S. apiana*, *S. clevelandii*, *S. munzii* y *S. pachyphylla*”

Tesis que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

PRESENTA

Q.I. Dulce Karina Vega Granados

Tijuana B.C

Diciembre del 2014



RESUMEN



En el presente documento, se muestran estudios *in vitro* de tipo antioxidante, de aceites esenciales obtenidos a partir de cinco especies del género *Salvia* nativas de Baja California; *S. mellifera*, *S. apiana*, *S. clevelandii*, *S. munzii* y *S. pachyphylla*. Estas especies fueron evaluadas durante las cuatro estaciones del año.

Las generalidades presentan hallazgos históricos fundamentales para la comprensión de la importancia de la fitoquímica en la supervivencia humana. Así como la evolución en la manera en la que el ser humano ha ido aprovechando las plantas a lo largo del tiempo. También se muestra la importancia de los compuestos antioxidantes como prevención para enfermedades y la importancia de compuestos que puedan combatir agentes patógenos para los seres humanos.

El trabajo presenta las metodologías empleadas para la recolección del material vegetal, obtención de los aceites esenciales con hidrodestilación, caracterización de metabolitos secundarios por CG-EM y evaluaciones antioxidantes mediante dos técnicas : decoloración oxidativa del β -caroteno y reducción del radical DPPH.

Así mismo se muestra la discusión de resultados obtenidos de las especies durante cada estación, para finalmente comparar los datos obtenidos y llegar a la conclusión de la investigación.



ÍNDICE



Índice de Figuras	I
Índice de Tablas	VIII
Índice de Anexos	XII
Índice de Esquemas	XIV
Abreviaturas y Acrónimos	XV
I. Introducción	1
II. Hipótesis y Objetivos	4
2.1 Hipótesis	4
2.2 Objetivo General y Particulares	5
III. Generalidades	6
3.1 Plantas Medicinales	6
3.2 Descubrimiento de Aceites Esenciales	7
3.3 Plantas Medicinales en Baja California	10
3.4 Familia <i>Lamiaceae</i>	14
3.5 Género <i>Salvia</i>	15
3.6 Metabolitos Secundarios	16
3.7 Función del Metabolito Secundario en la Planta	17
3.8 Evolución de las Plantas	18
3.9 Terpenos	18
3.10 Origen de los Terpenos	19
3.11 Biosíntesis de Terpenos	20

3.11.1 Biosíntesis del ácido mevalónico	20
3.11.2 Biogénesis de IPP y DMAPP	21
3.11.3 Condensación cabeza-cola de IPP y DMAPP	21
3.12 Aceite Esencial	22
3.13 Radicales Libres	24
3.14 Daño en Proteínas por Radicales Libres	26
3.15 Daño en Grasas por Radicales Libres	27
3.16 Daño en ADN por Radicales Libres	28
3.17 Antioxidantes	29
3.18 Clasificación de Antioxidantes	30
3.19 Las Salvias como Antioxidantes	32
IV. Metodología	
4.1 Recolección de Material Vegetal	33
4.2 Preparación de Material Vegetal	34
4.3 Extracción de Aceite Esencial	35
4.4 Aceites Esenciales Evaluados	36
4.5 Caracterización de Aceites Esenciales	36
4.6 Evaluación Antioxidante de Aceites Esenciales	36
4.7 Decoloración Oxidativa del β -Caroteno	37
4.8 Reducción del Radical DPPH	39

V. Discusión de Resultados	41
5.1 Resultados Rendimiento de Aceite Esencial	45
5.2 Resultados de Caracterización	49
5.3 Resultados de Terpenos Mayoritarios por Especie	70
5.4 Resultados Variación de Terpenos por Estación	74
5.5 Resultados Decoloración Oxidativa del β -Caroteno	79
5.6 Resultados Reducción del Radical DPPH	85
VI. Conclusiones	91
VII. Bibliografía	93
VII. Apéndice	99
7.1 Anexos	99
7.2 Técnicas Experimentales	119



ÍNDICE DE FIGURAS



Figura 1.- Kumiai en Tecate, Baja California, por Francis Parker 1873	1
Figura 2.- <i>Melissa officinalis Lamiaceae</i>	2
Figura 3.- Compuestos mayoritarios del genero <i>Salvia</i>	3
Figura 4.- Sacerdote Rom, Egipto 1403-1365 a.C.	7
Figura 5.- Descripción árabe de la destilación incorporando alambique perfeccionado	8
Figura 6.- Portada de Farmacopea Concordia Pharmacopolarum	9
Figura 7.- <i>Papaver somniferum</i> , adormidera o planta del opio	10
Figura 8.- Shkuin: recipiente de recolección elaborado por etnias de Baja California	11
Figura 9.- Bosque de coníferas en Baja California	12
Figura 10.- Sierra San Pedro Mártir Baja California	13
Figura 11.- Características morfológicas de la familia <i>Lamiaceae</i>	15
Figura 12.- <i>Salvia pachyphylla</i>	16
Figura 13.- Estructura química de penicilina; metabolito secundario aislado del hongo <i>Penicillium</i> con función antibiótica	17

Figura 14.- Fotografía microscópica de hongo <i>Penicillium</i>	17
Figura 15.- <i>Tuber melanosporum</i> ; hongo subterráneo con efecto alelopático	18
Figura 16.- Estructura química de Acetil CoA	19
Figura 17.- Estructura química de isopentano	20
Figura 18.- Estructura química de isopreno	20
Figura 19.- Pelos glandulares en microscopia electrónica de superficie de hoja de <i>Pinguicula gigantea</i> .	20
Figura 20.- Estructura química de ion mevalonato	21
Figura 21.- Metabolitos volátiles aislados de frutos con esencias características.	23
Figura 22.- Plantas aromáticas de uso común	24
Figura 23.- Proceso de oxidación y reducción en un átomo	25
Figura 24.- Daño en membrana celular por radicales libres	26
Figura 25.- Demostración de pérdida de masa encefálica por enfermedad Alzheimer	27
Figura 26.- Angiografía de obstrucción arterial por LDL	28
Figura 27.- Microscopía de célula cancerosa en pulmón	29

Figura 28.- Hongo antioxidante <i>Ganoderma lucidum</i> (Jie Sun y Col. 2004)	30
Figura 29.- Estructura química, A: vitamina E, B: vitamina C, C: β -caroteno	31
Figura 30.- Envejecimiento de células de la piel, A: piel joven, B: piel envejecida	32
Figura 31.- <i>Salvia officinalis</i>	33
Figura 32.- <i>S. pachyphylla</i>	34
Figura 33.- <i>S. apiana</i>	34
Figura 34.- <i>S. munzii</i>	34
Figura 35.- <i>S. mellifera</i>	34
Figura 36.- <i>S. clevelandii</i>	34
Figura 37.- Hoja <i>S. apiana</i> visiblemente contaminada	35
Figura 38.- Sistema de hidrodestilación	36
Figura 39.- Disolución de aceites esenciales en etanol	39
Figura 40.- Gráfica del rendimiento de aceite esencial p/p	48
Figura 41.- Gráfica del rendimiento de aceite esencial v/p	48

Figura 42.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en primavera	50
Figura 43.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en primavera	51
Figura 44.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en primavera	52
Figura 45.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en primavera	53
Figura 46.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en primavera	54
Figura 47.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en verano	55
Figura 48.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en verano	56
Figura 49.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en verano	57
Figura 50.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en verano	58
Figura 51.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en verano	59

Figura 52.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en otoño	60
Figura 53.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en otoño	61
Figura 54.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en otoño	62
Figura 55.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en otoño	63
Figura 56.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en otoño	64
Figura 57.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en invierno	65
Figura 58.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en invierno	66
Figura 59.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en invierno	67
Figura 60.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en invierno	68
Figura 61.- Gráfica principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en invierno	69

Figura 62.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en las cuatro estaciones	71
Figura 63.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en las cuatro estaciones	71
Figura 64.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en las cuatro estaciones	72
Figura 65.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en las cuatro estaciones	72
Figura 66.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en las cuatro estaciones	73
Figura 67.- Gráfica porcentaje de terpenos en primavera	75
Figura 68.- Gráfica porcentaje de terpenos en verano	76
Figura 69.- Gráfica porcentaje de terpenos en otoño	77
Figura 70.- Gráfica porcentaje de terpenos en invierno	78
Figura 71.- Gráfica porcentaje de terpenos en las cuatro estaciones	79
Figura 72.- Gráfica porcentaje antioxidante <i>S. mellifera</i>	80

Figura 73.- Gráfica porcentaje antioxidante <i>S. clevelandii</i>	81
Figura 74.- Gráfica porcentaje antioxidante <i>S. apiana</i>	82
Figura 75.- Gráfica porcentaje antioxidante <i>S. munzii</i>	83
Figura 76.- Gráfica porcentaje antioxidante <i>S. pachyphylla</i>	84
Figura 77.- Gráfica porcentaje antioxidante de las cinco especies en las cuatro estaciones	85
Figura 78.- Gráfica CE ₅₀ antirradicalaria <i>S. mellifera</i>	86
Figura 79.- Gráfica CE ₅₀ antirradicalaria <i>S. clevelandii</i>	87
Figura 80.- Gráfica CE ₅₀ antirradicalaria <i>S. apiana</i>	88
Figura 81.- Gráfica CE ₅₀ antirradicalaria <i>S. munzii</i>	89
Figura 82.- Gráfica CE ₅₀ antirradicalaria <i>S. pachyphylla</i>	90
Figura 83.- Gráfica CE ₅₀ antirradicalaria de las cinco especies en las cuatro estaciones	91



ÍNDICE DE TABLAS



Tabla 1.- Taxa San Pedro Mártir	14
Tabla 2.- Coordenadas de recolección	35
Tabla 3.- Fechas de recolección	35
Tabla 4.- Claves para muestras de aceites esenciales	37
Tabla 5.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial primavera 2012	46
Tabla 6.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial verano 2012	46
Tabla 7.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial otoño 2012	47
Tabla 8.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial invierno 2013	47
Tabla 9.- Fechas de recolección y presencia de flor	49
Tabla 10.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en primavera	50
Tabla 11.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en primavera	51
Tabla 12.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en primavera	52

Tabla 13.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en primavera	53
Tabla 14.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en primavera	54
Tabla 15.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en verano	55
Tabla 16.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en verano	56
Tabla 17.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en verano	57
Tabla 18.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en verano	58
Tabla 19.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en verano	59
Tabla 20.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en otoño	60
Tabla 21.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en otoño	61
Tabla 22.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en otoño	62

Tabla 23.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en otoño	63
Tabla 24.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en otoño	64
Tabla 25.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia mellifera</i> en invierno	65
Tabla 26.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia clevelandii</i> en invierno	66
Tabla 27.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia apiana</i> en invierno	67
Tabla 28.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia munzii</i> en invierno	68
Tabla 29.- Principales compuestos del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i> en invierno	69
Tabla 30.- Porcentajes de abundancia en los principales compuestos de aceites esenciales de las cinco especies de <i>Salvia</i> analizadas por estación.	74
Tabla 31.- División de terpenos en la estación primavera	75
Tabla 32.- División de terpenos en la estación verano	76
Tabla 33.- División de terpenos en la estación otoño	77

Tabla 34.- División de terpenos en la estación invierno	78
Tabla 35.- Porcentaje antioxidante <i>S. mellifera</i>	80
Tabla 36.- Porcentaje antioxidante <i>S. clevelandii</i>	81
Tabla 37.- Porcentaje antioxidante <i>S. apiana</i>	82
Tabla 38.- Porcentaje antioxidante <i>S. munzii</i>	83
Tabla 39.- Porcentaje antioxidante <i>S. pachyphylla</i>	84
Tabla 40.- CE50 antirradicalaria <i>S. mellifera</i>	86
Tabla 41.- CE50 antirradicalaria <i>S. clevelandii</i>	87
Tabla 42.- CE50 antirradicalaria <i>S. apiana</i>	88
Tabla 43.- CE50 antirradicalaria <i>S. munzii</i>	89
Tabla 44.- CE50 antirradicalaria <i>S. pachyphylla</i>	90



ÍNDICE DE ANEXOS



Anexo 1.- CG-EM de SMEPA	100
Anexo 2.- CG-EM de SCPA	101
Anexo 3.- CG-EM de SAPA	102
Anexo 4.- CG-EM de SMPA	103
Anexo 5.- CG-EM de SPPA	104
Anexo 6.- CG-EM de SMEVA	105
Anexo 7.- CG-EM de SCVA	106
Anexo 8.- CG-EM de SAVA	107
Anexo 9.- CG-EM de SMVA	108
Anexo 10.- CG-EM de SPVA	109
Anexo 11.- CG-EM de SMEOA	110
Anexo 12.- CG-EM de SCOA	111
Anexo 13.- CG-EM de SAOA	112
Anexo 14.- CG-EM de SMOA	113
Anexo 15.- CG-EM de SPOA	114
Anexo 16.- CG-EM de SMEIA	115

Anexo 17.- CG-EM de SCIA	116
Anexo 18.- CG-EM de SAIA	117
Anexo 19.- CG-EM de SMIA	118
Anexo 20.- CG-EM de SPIA	119



ÍNDICE DE ESQUEMAS



Esquema 1.- Ruta biosintética del ácido mevalónico	22
Esquema 2.- Mecanismo de oxidación de la técnica de β -caroteno.	38
Esquema 3.- Reducción del radicar DPPH	40



ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS



°C	Grados centígrados
a. C.	Antes de Cristo
Ac	Absorbancia de la muestra control
Ac ⁰	Absorbancia de la muestra a 0 minutos.
Ac ¹²⁰	Absorbancia de la muestra a 120 minutos.
AcOEt	Acetato de etilo
ADN	Ácido desoxirribonucleico
Am	Absorbancia de la muestra.
Am ⁰	Absorbancia de la muestra a 0 minutos.
Am ¹²⁰	Absorbancia de la muestra a 120 minutos.
ATP	Adenosin trifosfato
B.C	Baja California
CE ₅₀	Concentracion efectiva media
cm	Centímetro
cm ³	Centímetros cúbicos
d. C.	Después de Cristo
DCM	Diclorometano
DPPH	Dipicril fenil hidrazilo (por sus siglas en inglés)
DMAPP	Acido mavalonico pirofosfatado
EM	Espectrometría de masas
EM-CG	Espectrometría de masas- cromatografía de gases
etc.	Etcétera
EtOH	Etanol
FDA	Food and Drug Administration (por sus siglas en inglés)
g	Gramo
HCl	Ácido clorhídrico
HDL	High density lipoprotein (por sus siglas en inglés)
HPLC	High-performance liquid chromatography (por sus siglas en inglés)
IC ₅₀	Concentración media inhibitoria
IPP	Isopentil pirofosfato
IL	Interleuquina

Kg	Kilogramo
L	Litro
LDL	Low density lipoprotein (por sus siglas en inglés)
M	Molar
mg	Miligramos
min	Minutos
mL	Mililitros
mm	Milimetro
MTH	Monoterpeno Hidrocarbonado
MTO	Monoterpeno Oxigenado
NaOH	Hidróxido de sodio
nm	Nanómetros
OH	Alcohol
PCR	Proteína C Reactiva
pH	Potencial de hidrógeno
p/p	Peso/peso
RMN	Resonancia magnética nuclear
SAIA	<i>Salvia apiana</i> invierno
SAOA	<i>Salvia apiana</i> otoño
SAPA	<i>Salvia apiana</i> primavera
SAVA	<i>Salvia apiana</i> verano
SCIA	<i>Salvia clevelandii</i> invierno
SCOA	<i>Salvia clevelandii</i> otoño
SCPA	<i>Salvia clevelandii</i> primavera
SCVA	<i>Salvia clevelandii</i> verano
SMEIA	<i>Salvia mellifera</i> invierno
SMEOA	<i>Salvia mellifera</i> otoño
SMEPA	<i>Salvia mellifera</i> primavera
SMEVA	<i>Salvia mellifera</i> verano
SMIA	<i>Salvia munzii</i> invierno
SMOA	<i>Salvia munzii</i> otoño

SMPA	<i>Salvia munzii</i> primavera
SMVA	<i>Salvia munzii</i> verano
SPIA	<i>Salvia pachyphylla</i> invierno
SPOA	<i>Salvia pachyphylla</i> otoño
SPPA	<i>Salvia pachyphylla</i> primavera
SPVA	<i>Salvia pachyphylla</i> verano
STH	Sesquiterpeno Hidrocarbonado
STO	Sesquiterpeno Oxigenado
t	Tiempo
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
UV	Ultravioleta
Vol.	Volumen
v/p	Volumen/peso
vs	Versus
y Col.	Y colaboradores
α	Alfa
β	Beta
γ	Gamma
δ	Delta
λ	Lamnda
μ	Micro
μg	Microgramos
μL	Microlitro
o	Orto
\pm	Más-menos
%	Por ciento



INTRODUCCIÓN



México tiene una gran herencia cultural en el uso de hierbas aromático-medicinales para tratar diferentes padecimientos, la cual se inició varios siglos antes de la conquista. Se han identificado especies que tienen aplicaciones curativas, las cuales son comúnmente utilizadas por más de 60 grupos étnicos (González Stuart y Rivera, 2009).



Figura 1.-Kumiai en Tecate, Baja California, por Francis Parker 1873.

Muchos de los usos están restringidos por las autoridades de salud, sin embargo, en regiones marginadas forman parte de la tradición y cultura popular (Rodríguez y Gómez, 1996). Debido a su actividad biológica, las plantas aromáticas se han utilizado en la medicina tradicional, y actualmente los principios activos se aprovechan para elaborar medicamentos, colorantes, conservadores, cosméticos, nutracéuticos, entre otros (Bourgaud y Col., 2001).

Algunas de las de las plantas aromáticas más utilizadas, debido a la composición de su aceites esencial son: albahaca, manzanilla, menta, mejorana, salvia, tomillo y zacate limón se cultivan en nuestro país a escala comercial (SIAP, 2012). Actualmente, se tienen nuevas aplicaciones en otros sectores como la ganadería, el control de plagas agrícolas y la fitorremediación de suelos. Por ejemplo, el aceite esencial de *Origanum majorana*, *Salvia officinalis*, *Lavandula officinalis*, *Mentha spp.* y *Rosmarinus officinalis* han sido utilizados a diferentes concentraciones en insecticidas eficientes para controlar plagas agrícolas como *Thrips tabaco* (Koschier y Col., 2003).

En tanto que *Tanacetum vulgare*, *Artemisia absinthium* y *Ocimum basilicum*, son la materia prima de los repelentes de insectos de origen vegetal que utilizan aceites esenciales (Başer, 2005). Por otra parte, en fitorremediación han sido utilizadas para remover sustancias peligrosas en ambientes contaminados (Masarovičová y Král'ová 2007).

Los aceites esenciales de la familia *Lamiaceae*, han sido ampliamente investigados por sus propiedades biológicas, algunas de las especies analizadas son: *Salvia officinalis* y *Rosmarinus officinalis* con actividad antibacteriana en *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *S. enteritidis*, *Shigella* y *sonei*, una tasa significativa de actividad antifúngica, especialmente de aceite esencial de romero (Biljana Bozin, 2007). La especie *Melissa officinalis* con actividad antibacteriana en cepa multirresistente de *Shigella sonei*, una tasa significativa de actividad antifúngica en las especies *Trichophyton*, reduciendo la formación de radicales DPPH ($CI_{50} = 7,58 \text{ g / ml}$) y la generación de radicales OH ($CI_{50} = 1,74 \text{ g / ml}$)(Neda Mimica-Dukic, 2004).



Figura 2.- *Melissa officinalis* Lamiaceae

El género *Salvia* se ha destacado por las actividades biológicas de sus aceites esenciales; por ejemplo: *Salvia tomentosa* (Miller) su aceite esencial se encontró particularmente a poseer una fuerte actividad antimicrobiana (Bektas Tepe y Col., 2005). *S. santolinifolia*, *S. hydrangea* y *S. mirzayanii* mostraron actividad antimicrobiana por el método de difusión en disco. Sin embargo, los mejores resultados se obtuvieron con el aceite de *S. mirzayanii* que era activo no sólo contra las cepas bacterianas, también produce zonas de inhibición contra hongos.

Las cepas microbianas más susceptibles son: *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus epidermidis* (CMI de 1.25 mg/mL) seguido de *Aspergillus niger* y *Candida albicans* (CMI de 2.5 mg/mL). *Klebsiella pneumoniae* mostró poca susceptibilidad contra los aceites de *S. santolinifolia* y *S. zayanii*, mientras que *Pseudomonas aeruginosa* fue más resistente a los aceites esenciales, excepto para el aceite de *S. zayanii* con el valor de CMI de 20.0 mg/mL (Ali Sonboli, 2005). El aceite esencial de *S. lavandulifolia* es de interés como antioxidante para fines de salud humana y la industria, siendo la concentración más efectiva para conferir protección 50 mg/mL (María Porres Martínez, 2014).

En investigaciones a cerca de la composición de los aceites esenciales del género *Salvia* se han determinado como metabolitos mayoritarios: alcanfor, canfeno, pineno, cariofileno, linalool (Mohamed y Col., 2014), tuyona, eucaliptol y borneol (Alev Tosun, 2014).

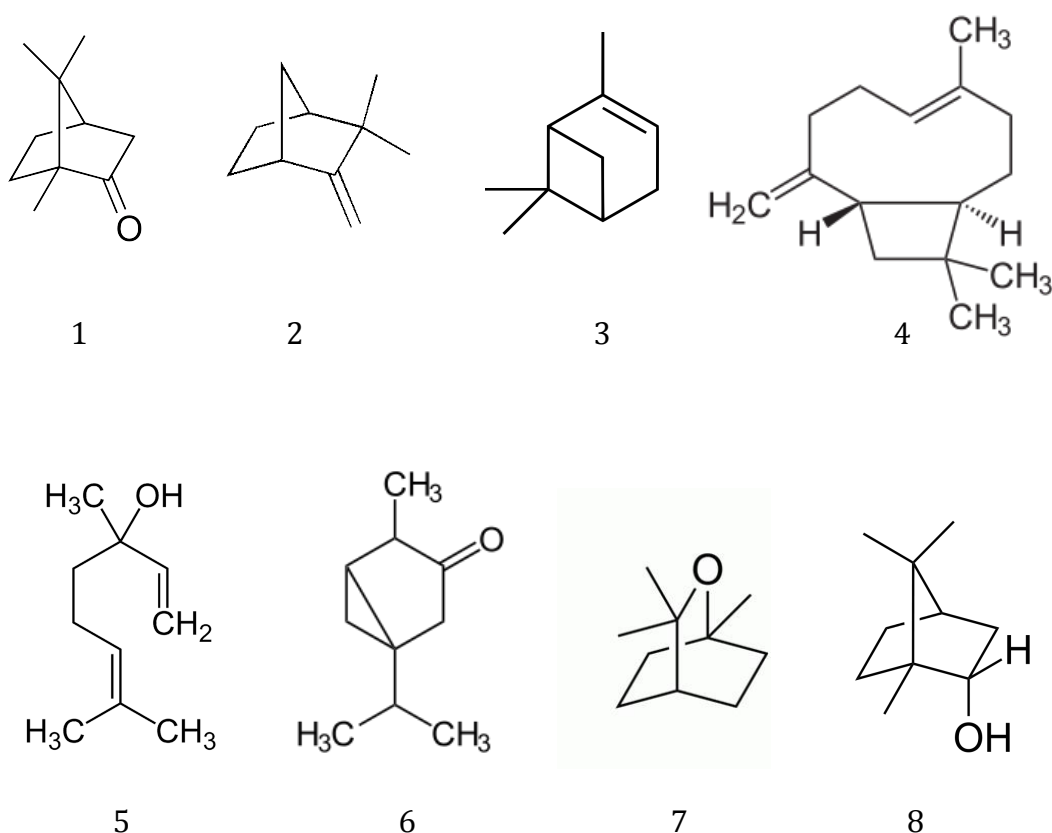


Figura 3.- Compuestos mayoritarios del género *Salvia*.

1:alcanfor, 2:canfeno, 3:pineno, 4:cariofileno, 5:linalool, 6:tuyona, 7:eucaliptol, 8:borneol.

En estudios del aceite esencial de *Salvia potentillifolia*, los principales componentes fueron: α y β -pineno, teniendo una actividad butirilcolinesterasa significativa ($65,7 \pm 0,21\%$). En el ensayo de inhibición de la acetilcolinesterasa α -pineno resulto tener una $CI_{50} = 86,2 \pm 0,96 \mu\text{M}$, mientras que β -pineno fue inactivo (Ibrahim Kivrak y Col., 2009).

En estudios a las especies de *Salvia palaestina* y *ceratophylla*, resultaron los componentes principales óxido de cariofileno (16,1%), (E)-cariofileno (4,5%) y γ -muuroleno (11,4%), α -pineno (7,6%) respectivamente. En los ensayos de decoloración oxidativa del β -caroteno y reducción del radical DPPH, el aceite esencial de *Salvia palaestina* mostró un mayor perfil de actividad que el aceite esencial de *Salvia ceratophylla* (Nevcihan Gürsoy y Col., 2011).

En estudios al aceite esencial de *Salvia eremophila*, los principales compuestos identificados fueron: Borneol (21,83%), α -pineno (18,80%), acetato de bornilo (18,68%) y canfeno (6,54%) que representan un 65,85% de la muestra total identificada. El aceite esencial de la planta mostró sólo actividades antioxidantes débiles, en inhibiciones microbianas se registraron actividades de buenas a moderadas (Abdolrasoul H. Ebrahimabadi y Col., 2010).



HIPÓTESIS



HIPÓTESIS

Los factores climatológicos de los cambios estacionales tienen efecto en la composición química y en las propiedades antioxidantes de los aceites esenciales de las plantas del género *Salvia*.



OBJETIVOS



OBJETIVO GENERAL

Evaluar como los cambios estacionales, afectan cualitativa y cuantitativamente en la composición química y la actividad antioxidante de los aceites esenciales obtenidos de plantas del género *Salvia* nativas y endémicas de Baja California.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar los rendimientos de extracción de los aceites esenciales, durante las 4 estaciones del año de las especies *S. mellifera*, *S. clevelandii*, *S. apiana*, *S. munzii* y *S. pachyphylla*
- Caracterizar mediante un cromatógrafo de gases acoplado a masas, los principales metabolitos secundarios de los aceites volátiles obtenidos de las especies vegetales seleccionadas en este estudio.
- Establecer las diferencias cualitativas y cuantitativas de la composición química de los aceites obtenidos, para cada especie vegetal, para cada especie vegetal durante las cuatro estaciones de año.
- Evaluar la actividad antioxidante de los aceites esenciales extraídos, mediante la técnica de la decoloración oxidativa del β -caroteno y por la reducción del radical libre DPPH.
- Establecer la relación entre la actividad antioxidante y el tipo de metabolitos identificados.



GENERALIDADES



PLANTAS MEDICINALES

La interacción del hombre con su entorno físico, generó a través de los tiempos una gran cantidad de conocimientos empíricos sobre el aprovechamiento óptimo de los recursos que le ofrecía la naturaleza. Este conocimiento sobre las plantas medicinales en particular, le permitió determinar cuales de ellas poseían valor alimenticio, cuales podrían ser venenosas y cuales tendrían poderes curativos (Giovanni Rutilo, 2013).

Se conocen plantas cuyos extractos han sido usados desde la prehistoria en pócimas para curaciones y aún las plantas sin tratamiento se han empleado para los mismos fines. Estos conocimientos, generalmente los han acumulado determinados individuos, algunos de ellos fueron sacerdotes, hechiceros y curanderos, quienes los han transmitido, de generación en generación, a determinados aprendices y a sus descendientes, principalmente de manera verbal. En ocasiones, historiadores y viajeros, han dejado útiles descripciones de plantas medicinales y su utilidad (Deanna Marcano, 2002).



Figura 4.- Sacerdote Rom, Egipto 1403-1365 a.C.

El aprovechamiento por el hombre de las plantas aromático-medicinales inició con la imitación de los animales, guiado por su instinto después empíricamente y más tarde de forma más racional. En China, India y Persia la destilación de plantas se practica desde hace milenios (Fernando Muñoz, 1996).

DESCUBRIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES

Las primeras fuentes históricas de las esencias proceden de Egipto, donde 40 siglos antes de Jesucristo ya preparaban escancia de cedros; en algún bajo relieve se ha encontrado el detalle de una destilería; el primer alambique de piedra conocido se remonta al año 3000 a.C. (Fernando Muñoz, 1996).

En la Edad Media los árabes perfeccionaron la destilación de las plantas aromáticas, favoreciendo así el desarrollo de la naciente y rudimentaria farmacia. En el siglo XIII los maestros alquimistas vendían aceites esenciales, siendo la esencia de romero una de las primeramente aisladas. Por aquella época se utilizaron el alcohol y las soluciones en él de aquella esencia que se denominó agua húngara, a la que en Italia se añadieron otras esencias obteniéndose así el agua de la Reina. Después acqua mirabile (Fernando Muñoz, 1996).



Figura 5.- Descripción árabe de la destilación incorporando alambique perfeccionado.

Durante los siglos XII al XIII la escuela árabe célebre por sus grandes médicos así como la de Salerno, prescribían numerosas drogas vegetales de las cuales muchas son utilizadas actualmente. En esta época vivió el famoso médico árabe: Ibn Wafid nacido en Toledo en el año 1008 y muerto en esta ciudad en el año 1074. Fue autor de El libro de la almohada, famoso recetario

médico en el mundo del siglo XI. Sus recetas, casi todas originales, comprendían remedios desde la cabeza a los pies según la tradición de la medicina árabe, y en ellas empleaba numerosas plantas, casi todas procedentes de España y del norte de África (Fernando Muñoz, 1996).

En el siglo XV eran conocidas las esencias de almendras amargas, espliego, canela, ginebra, rosa, salvia, lavanda entre otras. Un siglo después más de sesenta esencias nuevas se añadían a éstas (Fernando Muñoz, 1996).

Los conocimientos sobre las plantas medicinales de América, fueron transmitidos por los aborígenes a misioneros y viajeros españoles, quienes los immortalizaron en diversas obras como las de: Gonzalo Fernández de Oviedo, *De la natural historia de las Indias e Islas y tierra firme del mar océano* publicada en 1535 (María Laura López).

En 1587 se publicó en Barcelona la Concordia Pharmacopolarum que es la primera farmacopea territorial del mundo (Antonio Hernández Morejón, 1843).

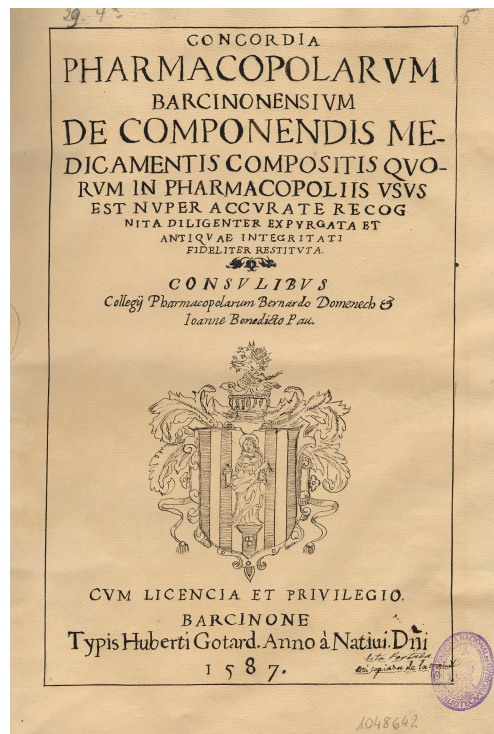


Figura 6.- Portada de Farmacopea Concordia Pharmacopolarum.

En el siglo XVI prácticamente estaban aisladas todas las esencias de Europa y del próximo Oriente. En el siglo XVIII se controlan y mezclan las esencias y aparecen el agua de colonia inventada por Feminis y divulgada en París por Farina (Antonio Hernández Morejón, 1843).

En el siglo XIX se practican los primeros análisis químicos de esencias y otros principios activos de los vegetales, con la aplicación del microscopio y la química analítica. Nace la farmacología. En 1811 se aisló la morfina del opio. Se desarrolla un movimiento investigador, a escala mundial, para conocer la composición química de los vegetales y se inicia la base de la industria farmacéutica perfumera y condimentaria actual (Antonio Hernández Morejón, 1843).

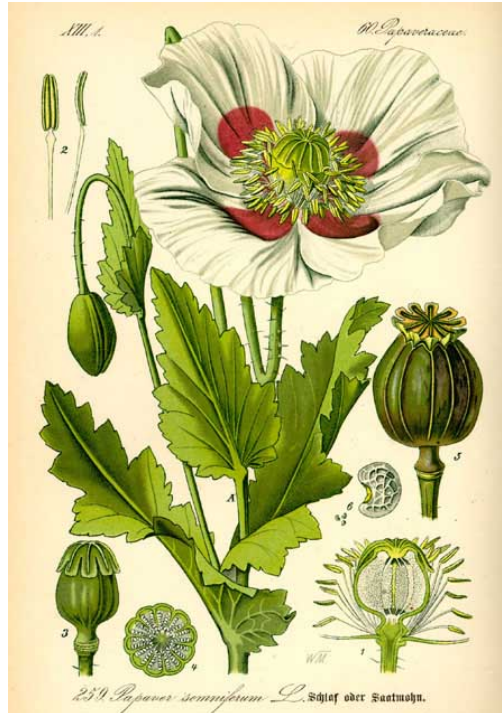


Figura 7.- *Papaver somniferum*, adormidera o planta del opio.

Posteriormente, la ciencia ha investigado muchas plantas curativas aislando sus componentes específicos del resto de la planta, creando un producto medicamentoso específico. En el mundo occidental, existe un creciente interés por parte de la misma sociedad e instituciones en retomar el uso medicinal de fármacos naturales los cuales se estudian científicamente, consiguiendo los principios activos específicos, a fin de incorporarla a la farmacología moderna (Giovanni Rutilo, 2013).

PLANTAS MEDICINALES EN BAJA CALIFORNIA

Misioneros y exploradores fueron los primeros en asentar en sus diarios y bitácoras, los usos que los nativos le daban a la flora. En particular la obra de Fray Luís de Sales (1960), *Noticia de la provincia de California 1794*, narra las experiencias de sus recorridos por el norte de la península, en especial aquellas derivadas de su convivencia con los Kumiai. La obra contiene notas etnobotánicas de los diferentes aspectos culturales del grupo, los que Sales describió con detalle (Edna Alicia Corte Rodríguez).

Dentro del marco estricto de la etnobotánica, Roger Owen (1963), investigador que reporta un total de 67 plantas nativas de uso medicinal entre los indígenas Pai pai, además de los métodos de preparación. Leanne Hinton (1975), completa su investigación lingüística en la comunidad Cochimí de la Huerta, Baja California con la colecta e identificación de las plantas de uso más común. Incluye familias, géneros y especies de 46 plantas, así como su respectivo uso y preparación. También el trabajo que Judith Joel (1976), llevo a cabo en Santa Catarina, en el cual se incluyen datos sobre la preparación de los alimentos más tradicionales de los indígenas Pai pai; los atoles de bellota y piñón, así como algunas observaciones sobre la temporada y modo de recolección de los mismos (Edna Alicia Corte Rodríguez).



Figura 8.- Shkuin: recipiente de recolección elaborado por etnias de Baja California

En el año 2000, se publicó *Fray Pedro Font el Diario Íntimo*, por Julio Cesar Montané. Donde cita algunas especies de salvias que se encontró a lo largo de su expedición; Font observó el Bosque de Coníferas, era un sitio adecuado para la propagación de plantas con olores sugerentes. Entre ellas se encuentra el género *Salvia*, el cual presenta cerca de 500 especies distribuidas en los lugares fríos y templados preferentemente. El género *salvia* presenta 19 especies en California, Font cita a: *salvia apiana* (Jepson), entre el bosque y el

chaparral alto y bajo. *Salvia pachiphylla* (Epling), entre el desierto y el chaparral cercano a las zonas boscosas. *Salvia hiptoides* (Mart y Gral). *Salvia eremostachya* (Jepson). *Salvia munzii* (Epling), en las zonas boscosas y de transición. Por lo general son hierbas o arbustos aromáticos, con tallos glandulares. Las flores se presentan en espigas o bien en racimos alargados y bifurcados (Pedro Font, 2000).

La península de Baja California se encuentra ocupada por comunidades vegetales de características áridas y semiáridas. La mayor parte de su superficie la ocupan diferentes subregiones del desierto sonorense; dentro de la península, esta región fitogeográfica alberga unas 2000 especies de vegetales superiores. La reserva de la biosfera El vizcaíno se encuentra ubicada en la parte media de la península de Baja California, en el extremo norte del estado de Baja California Sur, formando parte del desierto sonorense. Se declaró reserva por decreto presidencial del 30 de noviembre de 1988 y se le considera la mayor área protegida en América Latina, pues comprende una superficie aproximada de 2,540,000 hectáreas (José Delgadillo Rodríguez, 2004).

El bosque de coníferas en Baja California tiene elementos florísticos que merecen su consideración a cualquier nivel. Howell (1957 en Axelrod 1978) refiere que el noroeste de la península es una de las regiones con respecto a su riqueza florística. La flora de la península de Baja California cuenta con aproximadamente 3,100 taxa (especies, subespecies y variedades), incluidos en 155 familias botánicas (José Delgadillo Rodríguez, 2004).



Figura 9.- Bosque de coníferas en Baja California

De manera particular, las plantas de la Sierra de San Pedro Mártir han sido recolectadas por diferentes botánicos, quienes han contribuido a conocer el componente florístico del bosque de coníferas (Nelson y Goldman 1905-1906 en Goldman 1916, Wiggins 1980, Moran y Thorne 1967-1986, Delgadillo 1981-2002, Rebman 1994-2002) (José Delgadillo Rodríguez, 2004).

Passini y Col. (1989) recolectaron en el interior del bosque y reportaron 154 táxones, repartidos en 85 géneros y 44 familias. Por otra parte, Minnich y Franco-Vizcaíno (1997) refieren la presencia de 116 especies de plantas con flor en la pradera de Vallecitos, pero no hacen referencia a su colecta ni presentan un listado florístico. Moran y Thorne (1967-1986) recolectaron en la mayor parte de la zona boscosa de la Sierra y registrando 58 familias, 175 géneros y 331 taxa, de los cuales 29 fueron variedades y 23 subespecies (José Delgadillo Rodríguez, 2004).

Delgadillo (1999) identificó para la Sierra de San Pedro Mártir, incluyendo la vegetación de chaparral de contacto, un total de 74 familias, 286 géneros y 735 taxa: 584 son especies y 251 con categorías infraespecíficas (subespecie y variedad). Las familias más numerosas fueron: *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Scrophulariaceae*, *Polygonaceae*, *Brassicaceae*, *Cyperaceae*, *Polemoniaceae* y *Lamiaceae*. (José Delgadillo Rodríguez, 2004).

A partir de los registros de diferentes autores que han colectado en la Sierra de San Pedro Mártir, así como la base de datos del Herbario BCMEX, de la Facultad de Ciencias (UABC), se estima una flora exclusiva al bosque de coníferas de aproximadamente 580 taxa, incluidos 151 subespecies y variedades, en 72 familias (José Delgadillo Rodríguez, 2004).



Figura 10.- Sierra San Pedro Mártir Baja California

Las diez familias con el mayor numero de taxa en la sierra San Pedro Mártir Baja California

Tabla 1.-Taxa San Pedro Mártir

Familias	Taxa	%
<i>Asteraceae</i>	83	14.3
<i>Poaceae</i>	66	11.3
<i>Fabaceae</i>	38	6.5
<i>Scrophulariaceae</i>	26	4.4
<i>Cyperaceae</i>	23	3.9
<i>Polygonaceae</i>	22	3.7
<i>Brassicaceae</i>	21	3.6
<i>Polemoniaceae</i>	21	3.6
<i>Lamiaceae</i>	15	2.5
<i>Polemoniaceae</i>	14	2.4
Total	329	56.7

FAMILIA *Lamiaceae*

Según la clasificación botánica, la familia de plantas *Lamiaceae* comúnmente conocidas como labiadas, está compuesta actualmente por 224 géneros y aproximadamente 3000 especies que se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, siendo habituales en regiones de clima cálido y templado y muy raramente en climas fríos. Desde el punto de vista taxonómico, la diversidad existente de esta familia botánica en el Mediterráneo y Asia central, contempla la posibilidad de que las primeras plantas hayan aparecido en estas áreas del planeta durante los inicios y la primera mitad del periodo cretáceo hace aproximadamente 140 millones de años (José Luis Fernández Alonso, 2006).



Figura 11.- Características morfológicas de la familia *Lamiaceae*

La familia *Lamiaceae* ha sido estudiada, aislándose numerosos metabolitos secundarios tales como esteroides, flavonoides, sesquiterpenos, diterpenos, y triterpenos entre otros. Algunos de los compuestos aislados de plantas principalmente de géneros como *Stachys*, *Leonorus*, *Ballota* y *Salvia*, han presentado una amplia variedad de funciones biológicas de interés medicinal y agroquímico. Las principales actividades encontradas son como: antitumorales, antiplasmódicas, antivirales, bactericidas o inhibidores del desarrollo de insectos (José Luis Fernández Alonso, 2006).

GÉNERO *Salvia*

Desde la antigüedad la salvia ha sido utilizada y apreciada en muchos países del mundo. Los latinos la denominaban hierba sacra y la consideraban uno de los remedios de efecto infalible para muchas enfermedades. Ha sido muy popular que utilicen la salvia en aplicaciones externas en forma de lavados y cataplasmas. Sus aceites esenciales le confieren cualidades técnicas y antisépticas para la cicatrización de heridas (Alfredo Ara Roldan, 1994).

El género *Salvia* es el más grande en la familia, denominadas comúnmente labiadas. Generalmente el término salvia hace referencia a *Salvia officinalis*, una especie de gran interés por sus propiedades curativas como desinfectante y febrífugo. *Salvia* L., representa cerca sobre 900 especies y se distribuye extensamente en varias regiones del mundo, como Sudáfrica, alrededor de toda América y Asia Sur-Oriental. Las plantas son típicamente de 3-15 m de altura, herbáceas o leñosas, con las flores atractivas en varios colores. Se deriva de la palabra en latín *salvare*, "para curar", y por siglos las salvias han sido valorados por sus cualidades medicinales y culinarias. Se presentan en muchas formas: perennes, bienales, anuales y arbustos de hoja perenne o caduca. También destacan por su notable resistencia a plagas y enfermedades, la tolerancia y la sequía (Isidro Hernández Pompa, 2013).



Figura 12.- *Salvia pachyphylla*

METABOLITOS SECUNDARIOS

Las plantas producen una gran cantidad y diversidad de compuestos orgánicos que no parecen tener una función directa en el crecimiento y desarrollo. Estas sustancias se conocen con el nombre de metabolitos secundarios, productos secundarios o productos naturales. Los metabolitos secundarios no tienen función reconocida o directa en los procesos de fotosíntesis, respiración transporte de solutos, síntesis de proteínas. asimilación de nutrientes. diferenciación o formación de carbohidratos, proteínas y lípidos (Lincoln Taiz, 2006).

Los metabolitos secundarios también difieren de los metabolitos primarios (aminoácidos. nucleótidos. azúcares, acil lípidos) en que tienen una distribución restringida en el reino vegetal. Es decir, un metabolito secundario determinado se encuentra con frecuencia en una sola especie vegetal o grupo de especies relacionadas mientras que los metabolitos primarios se encuentran en todo el reino vegetal (Lincoln Taiz, 2006).

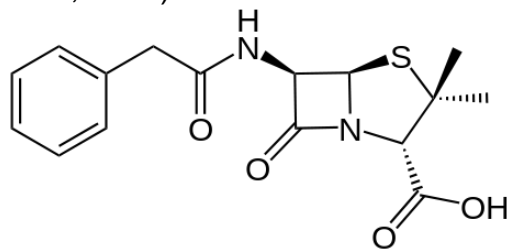


Figura 13.- Estructura química de penicilina; metabolito secundario aislado del hongo *Penicillium* con función antibiótica.

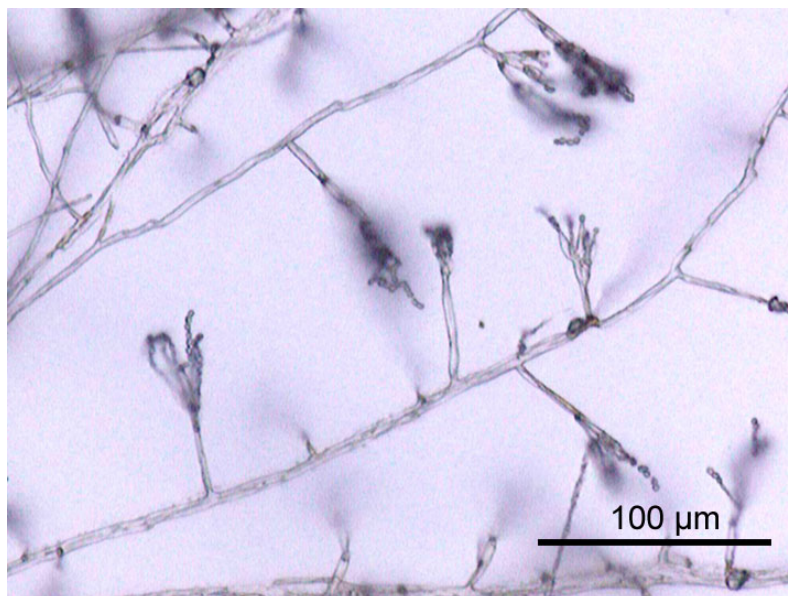


Figura 14.- Fotografía microscópica de hongo *Penicillium*

FUNCIÓN DEL METABOLITO SECUNDARIO EN LA PLANTA

Durante muchos años, el significado adaptativo de muchos metabolitos secundarios era desconocido. Se creía que estos compuestos eran sencillamente productos finales del metabolismo sin función o metabolitos de desecho. El estudio de estos compuestos fue iniciado por los químicos orgánicos del siglo XIX y principios del siglo XX quienes se interesaron en estas sustancias y las llamaron: productos naturales, debido a su importancia como drogas, venenos sabores y materias industriales (Lincoln Taiz, 2006).

Mas recientemente, se descubrió que muchos metabolitos secundarios tenían importantes funciones ecológicas en las plantas:

- Protegen a las plantas de la ingestión por herbívoros y de la infección por patógenos microbianos.
- Sirven como atrayentes de polinizadores y dispersadores de semillas y como agentes en la competencia planta-planta.



Figura 15.- *Tuber melanosporum*; hongo subterráneo con efecto alelopático.

EVOLUCIÓN DE LAS PLANTAS

De acuerdo con los biólogos evolucionistas, la defensa vegetales deben haber surgido a través de los fenómenos de mutación hereditaria, selección natural y cambios evolutivos. Mutaciones al azar en las rutas metabólicas básicas darían lugar a la aparición de nuevos compuestos, que pudieron ser tóxicos o disuasorios para los herbívoros y microbios patógenos (Lincoln Taiz, 2006).

Como estos compuestos no eran tóxicos para la propia planta y el coste metabólico para producirlos no era excesivo representaron una ventaja reproductiva para las plantas que los poseían frente aquellas que no poseían estas defensas. Así las plantas con defensas generaron una descendencia mayor que las plantas sin estas defensas, y transmitieron estos caracteres a las generaciones siguientes (Lincoln Taiz, 2006).

El ajuste reproductor que supusieron estos compuestos de defensa al salvaguardar las plantas de herbívoros, bacterias y hongos, también las hizo indeseables como alimento para los humanos. Muchos cultivos vegetales importantes han sido seleccionados artificialmente para producir niveles mínimos de estos compuestos, lo que ha provocado también que sean más susceptibles a los insectos y las enfermedades (Lincoln Taiz, 2006).

TERPENOS

Los terpenos, o terpenoides constituyen el mayor grupo de metabolitos secundarios. Los diferentes compuestos de esta clase son generalmente insolubles en agua. Son biosintetizados a partir de acetil CoA o de intermediarios glicolíticos (Lincoln Taiz, 2006).

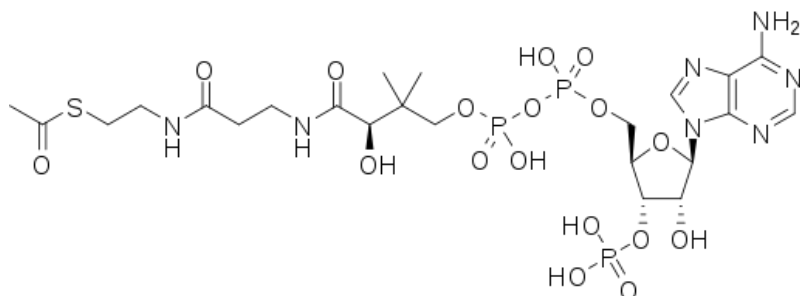


Figura 16.- Estructura química de Acetil CoA

ORIGEN DE LOS TERPENOS

Todos los terpenos derivan de la unión de elementos de cinco carbonos que tienen el esqueleto ramificado del isopentano:

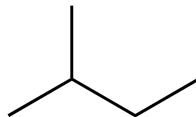


Figura 17.- Estructura química de isopentano

Los elementos estructurales básicos de los terpenos se conocen como unidades de isopreno porque los terpenos pueden descomponerse a elevadas temperaturas dando isopreno:

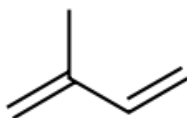


Figura 18.- Estructura química de isopreno

Así, en ocasiones a los terpenos se los conoce como isoprenoides. Los terpenos se clasifican por el número de unidades de cinco carbonos que contienen aunque debido a las numerosas modificaciones metabólicas se puede hacer difícil reconocer la unidades originales de cinco carbonos. Los terpenos de diez carbonos que contienen dos unidades C_5 se denominan monoterpenos, los terpenos de 15 carbonos (3 unidades C_5) son sesquiterpenos, y los terpenos que tienen 20 carbonos (4 unidades C_5 ,) son diterpenos (Lincoln Taiz, 2006).

Los monoterpenos y sesquiterpenos se encuentran normalmente en los pelos glandulares de la superficie vegetal.

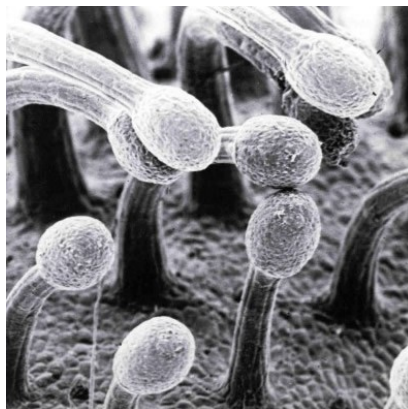


Figura 19.- Pelos glandulares en microscopia electrónica de superficie de hoja de *Pinguicula gigantea*.

Se cree que los terpenos se sintetizan en las células del pelo y se almacenan en el engrosamiento superior. Esta caperuza es un espacio extracelular que se forma cuando la cutícula y una parte de la pared celular son separadas del resto de la célula (Lincoln Taiz, 2006).

Investigaciones recientes han revelado una interesante peculiaridad en el papel de los terpenos volátiles para la protección de la planta. En maíz, algodón, tabaco silvestre y otras especies ciertos monoterpenos y sesquiterpenos son producidos y emitidos una vez el insecto ha iniciado su ataque. Estas sustancias repelen insectos herbívoros ovíparos y atraen a sus enemigos naturales como insectos predadores y parásitos, que matan a los insectos herbívoros ayudándoles a minimizar los daños (Lincoln Taiz, 2006).

BIOSÍNTESIS DE TERPENOS

Los monoterpenos y en general todos los compuestos terpenoides naturales se biosintetizan por la ruta de la acetil coenzima A a través de un intermedio común que es el ácido mevalónico. Sin embargo, recientemente se ha propuesto que algunos terpenoides no se originan por esta ruta, sino por una ruta alterna que puede involucrar piruvato, gliceraldehído-3-fosfato y un intermedio de 5 átomos de carbono: 1-desoxi-xilulosa-5-fosfato (Alejandro Martínez, 2003).

Biosíntesis del ácido mevalónico

El proceso de biosíntesis del ácido mevalónico. inicialmente se condensan dos moléculas de acetil CoA, con la participación hipotética de una β -cetotilasa y una enzima condensante. Enseguida esta unidad es atacada por otra unidad de acetil CoA que ha perdido un H- α . La hidrólisis de una de las dos funciones tioéster da lugar a la β -hidroxi- β -metilglutarilcoenzima-A. Una segunda hidrólisis del otro grupo tioéster seguida de dos reducciones sucesivas con una reductasa NADPH-dependiente se llega al ácido mevalónico (Alejandro Martínez, 2003).

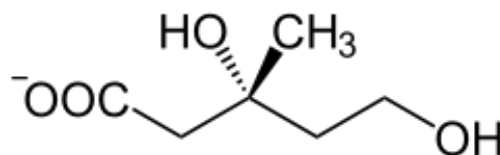


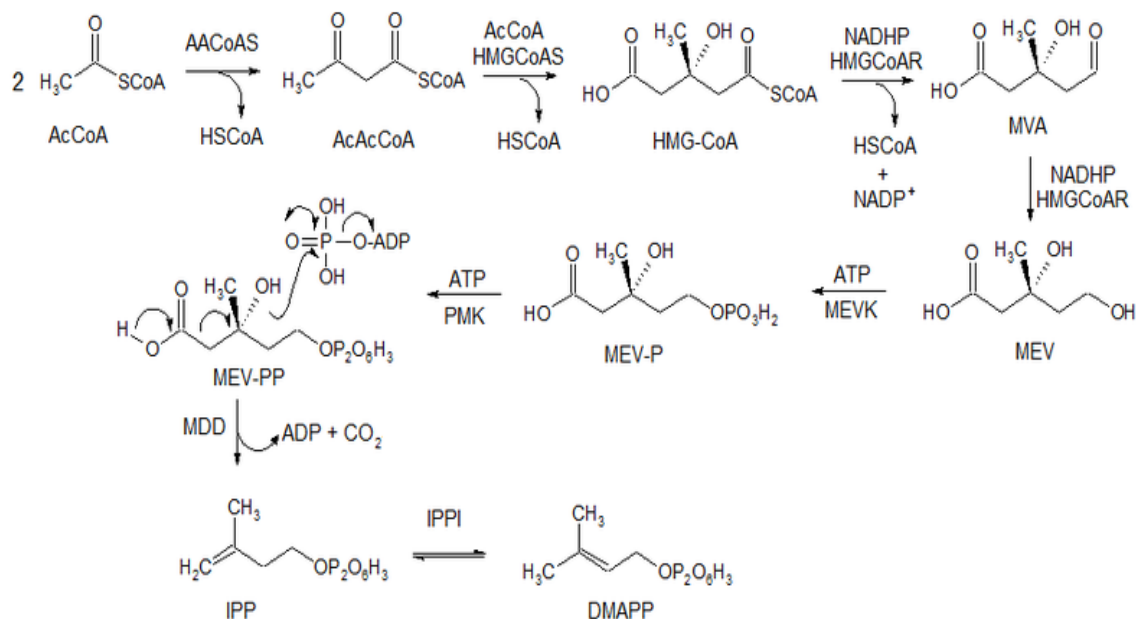
Figura 20.- Estructura química de ion mevalonato

Biogénesis de IPP y DMAPP

El ácido mevalónico es el precursor de las dos unidades básicas que dan origen a los terpenoides: Isopentenilpirofosfato (IPP) y gamma,gama-dimetilalilpirofosfato (DMAPP). Inicialmente, una molécula de ácido mevalónico es pirofosfatada por dos unidades de ATP para originar mevalonil-pirofosfato. Enseguida a molécula sufre un proceso concertado de descarbonatación con la participación de otra molécula de ATP. De esta manera se origina una molécula de Isopentenilpirofosfato (IPP). La simple isomerización del enlace doble del IPP da origen a la unidad de DMAPP (Alejandro Martinez, 2003).

Condensación cabeza-cola de IPP y DMAPP

Una unidad de IPP puede condensarse con muchas unidades DMAPP mediante un proceso de condensación comúnmente denominado condensación "cabeza-cola", siendo la cabeza la función pirofosfato y la cola el extremo donde están ubicados los metilos. El proceso de condensación de dos moléculas de 5 átomos de carbono (IPP y DMAPP) para dar origen a una molécula de 10 átomos de carbono: Geranilpirofosfato. Esta sustancia es el precursor inmediato de todos los monoterpenos naturales. La condensación de geranilpirofosfato con una nueva unidad IPP da origen al farnesilpirofosfato, el cual es el precursor de todos los sesquiterpenos naturales (Alejandro Martinez, 2003).



Esquema 1.- Ruta biosintética del ácido mevalónico

ACEITE ESENCIAL

El aceite esencial es una mezcla de componentes volátiles producto del metabolismo secundario de las plantas en cuya composición interviene una porción de hidrocarburos del tipo terpenos, junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que le confieren a los aceites el aroma que los caracteriza. Los aceites se encuentran contenidos en glándulas o vesículas secretoras inmersas en los tejidos de las hojas, flores, corteza (pericarpio) y semillas de los frutos de muchas especies y son producidos por diversos fines; por un lado protegen a la planta de plagas, enfermedades e inclusive de la invasión de otras plantas y también para atraer insectos y aves polinizadoras. Estas cualidades de protección y atracción, se ven reflejadas en propiedades del tipo antisépticas, antiinflamatorias, antidepresivas, entre otras, presentes en mayor o menor grado en la totalidad de los aceites, radicando en ello su gran importancia dentro de las industrias farmacéuticas, de fragancias, aromas y sabores (Andrés Mahecha, 2010).

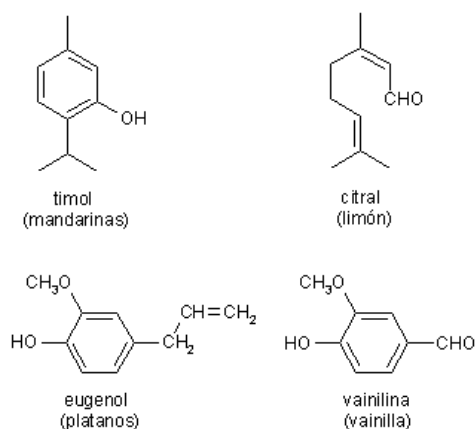


Figura 21.- Metabolitos volátiles aislados de frutos con esencias características.

Martínez, A., en 2003 escribió “Los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en unas 60 familias de plantas que incluyen las Compuestas, Lamiaceas, Lauráceas, Mirtáceas, Pináceas, Rosáceas, Rutáceas, Umbelíferas, etc”. “Se les puede encontrar en diferentes partes de la planta: en las hojas (ajeno, albahaca, cidrón, eucalipto, hierbabuena, limoncillo, mejorana, menta, pachulí, quenopodio, romero, salvia, toronjil, etc.), en las raíces (azafrán, cálamo, cúrcuma, galanga, jengibre, sándalo, sasafrás, valeriana, etc.), en el pericarpio del fruto (limón, mandarina, naranja, etc.), en las semillas (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, comino, etc.), en el tallo (canela, caparrapí, etc.).

En las flores (árnica, lavanda, manzanilla, tomillo, clavo de olor, rosa, etc.) y en los frutos (alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.)” (Andrés Mahecha, 2010).

En cuanto a su composición química, los órdenes Ranunculales, Violales y Primulales son ricos principalmente en monoterpenoides, contrario a los Rutales, Cornales, Lamiales y Asterales. Los Magnoliales, Rutales, Cornales y Asterales contienen grandes cantidades de sesquiterpenoides . Sin embargo, en la actualidad se ha prestado mayor interés en los terpenos unidos a carbohidratos, debido a que se les considera como los precursores inmediatos del aceite (Andrés Mahecha, 2010).



Figura 22.- Plantas aromáticas de uso común

RADICALES LIBRES

El oxígeno es esencial para la vida pero plantea una paradoja para los organismos aerobios. Este elemento desempeña una función importante como aceptor terminal de electrones durante la respiración celular y constituye lo que se conoce como el soporte de la vida pero también es el punto de partida para un tipo de daño celular conocido como estrés oxidativo (Andrés Urrea, 2013).

Los átomos son la materia de la cual están hechas las moléculas: son las partículas más pequeñas que componen la materia. Alrededor de este núcleo, los electrones viajan en una órbita. Habitualmente, los electrones se encuentran en parejas. Cuando un electrón pierde a su pareja, el electrón que queda intenta indiscriminadamente recoger electrones de otros átomos. Los electrones pueden ser de las moléculas de las grasas y las proteínas e incluso del ADN (el material genético que dicta la actividad de cada célula), a los que oxida. Esta circunstancia provoca una reacción en cadena (pues la molécula a la que le han “robado” el electrón busca a su vez otra molécula) que puede causar daños biológicos importantes. La pérdida de uno de los electrones que forman una pareja se conoce como oxidación. El proceso de devolver un electrón a su pareja original se conoce como “reducción” en acción. En cada célula de los organismos animales y humanos se lleva a cabo un constante ciclo de oxidación y reducción (Jack Challem, 2008).

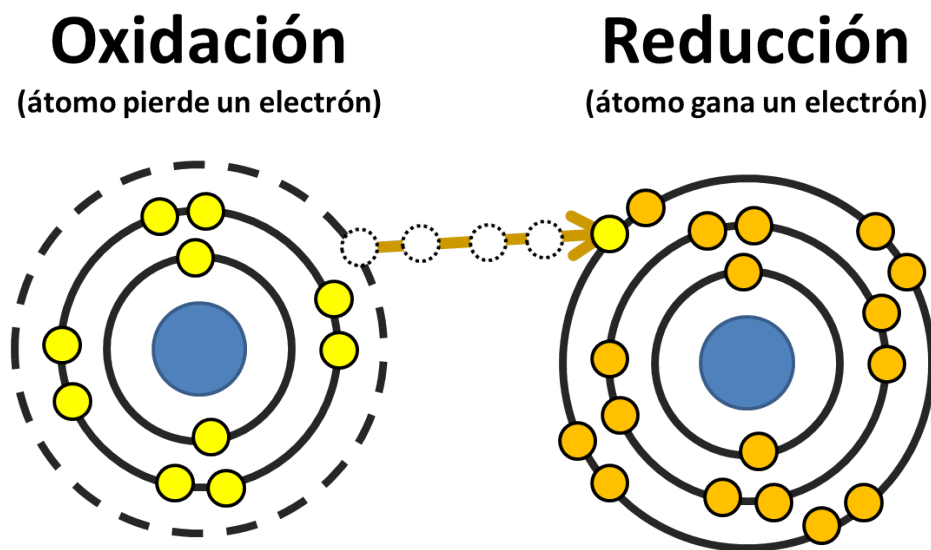


Figura 23.- Proceso de oxidación y reducción en un átomo

El desbalance en la producción de radicales libres y la defensa antioxidante provoca el estrés oxidativo que lleva a una variedad de cambios fisiológicos y bioquímicos los cuales dan por resultado el deterioro y muerte celular (Jack Challem, 2008).

El estrés oxidativo puede provocar: peroxidación lipídica daño de la membrana celular, rotura del ADN y degradación proteica (Pérez Gaskell y Pérez de Alelo 2000). La mayor parte de las enfermedades que provocan la muerte de las personas o deterioran su calidad de vida están provocadas por radicales libres. Cada célula del cuerpo padece unos 10.000 impactos de radicales libres al día (Youngson, 2004).

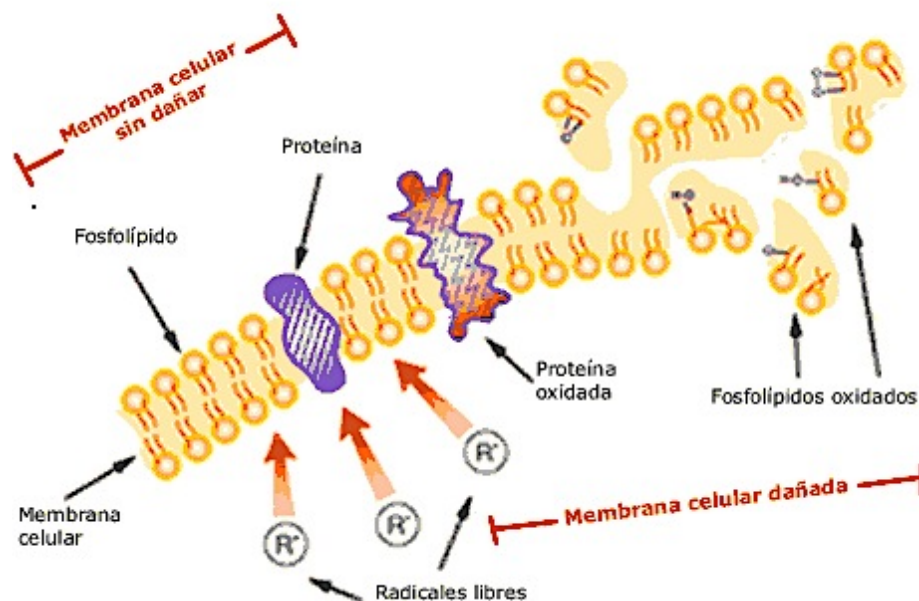


Figura 24.- Daño en membrana celular por radicales libres

Las investigaciones en este campo han determinado, sin lugar a dudas, que la sobreabundancia de radicales libres en relación a la cantidad de antioxidantes desempeña un papel fundamental en el desarrollo de enfermedades relacionadas con la edad y en el proceso de envejecimiento. En otras palabras, cuando existen más radicales libres de los que el organismo puede manejar, envejecemos con mayor rapidez y enfermamos en este proceso.

Durante el proceso de crear ATP (el mismo que es parcialmente dividido para liberar energía química tantas veces como sea necesario), las mitocondrias se transforman en una “plataforma” para la producción de radicales libres.

Estos son un producto natural del metabolismo y resultan necesarios para sostener el proceso metabólico. Sin embargo, los radicales libres también provocan daños a las proteínas, a las grasas y al ADN (ácido desoxirribonucleico), el código biológico que programa nuestras células. Intentando convertirse en parte de una molécula intacta, este fragmento de una molécula (que es, en esencia, un radical libre) modifica y posiblemente daña, de una manera permanente, a la molécula de la que intenta formar parte. A medida que envejecemos, la capacidad del cuerpo para prevenir y reparar este daño disminuye, y esta es la causa de los cambios y enfermedades que se producen con la edad (Jack Challem, 2008).

DAÑO EN PROTEÍNAS POR RADICALES LIBRES

Todos los seres vivos están formados a partir de proteínas las cuales tienen varias funciones en el organismo: son necesarias para la formación y reparación de los tejidos, sintetizan hormonas y enzimas y, en algunos casos, cuando la ingesta de carbohidratos es insuficiente, desempeñan una función energética (Jack Challem, 2008).

El ataque de los radicales libres puede conllevar cambios estructurales en ellas, los que, a su vez, disminuyen su habilidad para llevar a cabo las tareas que les corresponden en nuestro cuerpo. Por ejemplo, el daño por oxidación causado a las proteínas se relaciona con el Alzheimer. Asimismo, las reacciones de los radicales libres sobre las proteínas y las grasas en la piel son consideradas una de las principales causas del proceso de envejecimiento externo (Jack Challem, 2008).

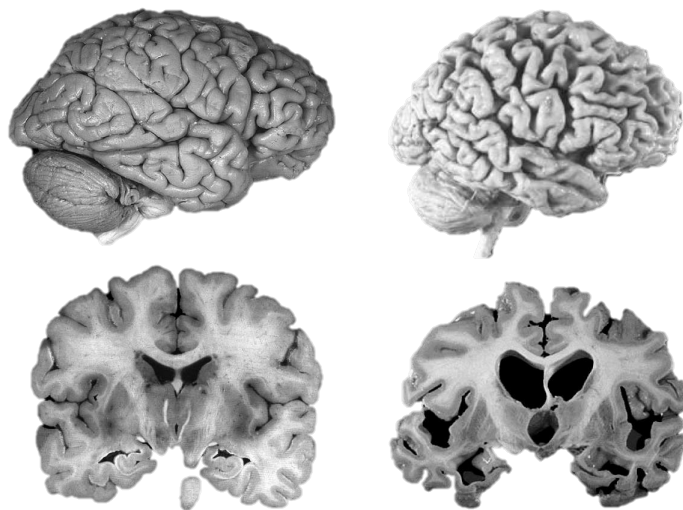


Figura 25.- Demostración de pérdida de masa encefálica por enfermedad Alzheimer (lado izquierdo cerebro normal, lado derecho cerebro con Alzheimer)

DAÑO EN GRASAS POR RADICALES LIBRES

Las membranas de las células y las envolturas que rodean a las células nerviosas están compuestas de grasas. El cerebro está formado en un 60% por grasa. Las grasas, especialmente las polisaturadas (la clase de grasas más común en el cuerpo), resultan altamente vulnerables al ataque de la oxidación. Por ello, si las grasas de estas membranas han sufrido oxidación, las sustancias de desecho ya no atraviesan con facilidad las membranas celulares. Al final, el daño acumulado proveniente de la oxidación de las membranas acelera el envejecimiento del organismo. Millones de personas sufren de altos niveles de colesterol (Jack Challem, 2008).

Nuevas evidencias han demostrado que la modificación de las proteínas de baja densidad por efectos de la oxidación, es la pieza clave que produce este tipo de “colesterol malo” verdaderamente aterogénico (es decir, dañino para las paredes de las arterias).

Cuando no consumimos suficientes nutrientes antioxidantes, el LDL puede oxidarse debido a una concentración de radicales libres. La modificación oxidativa que resulta de dicha acumulación genera una reacción del sistema inmunológico contra dicho LDL. Dicha modificación oxidativa envía información a los glóbulos blancos para que engullan al LDL como si se tratara de una bacteria. Entonces, las moléculas de adhesión se liberan desde la superficie de dichos glóbulos y se pegan a las paredes arteriales. Así mismo, otras sustancias inflamatorias, como la proteína C reactiva (PCR) y las interleuquinas-6 (IL-6), entran en el juego, por lo que finalmente se formarán placas que pueden obstruir el fluido de sangre a través de la arteria (Jack Challem, 2008).

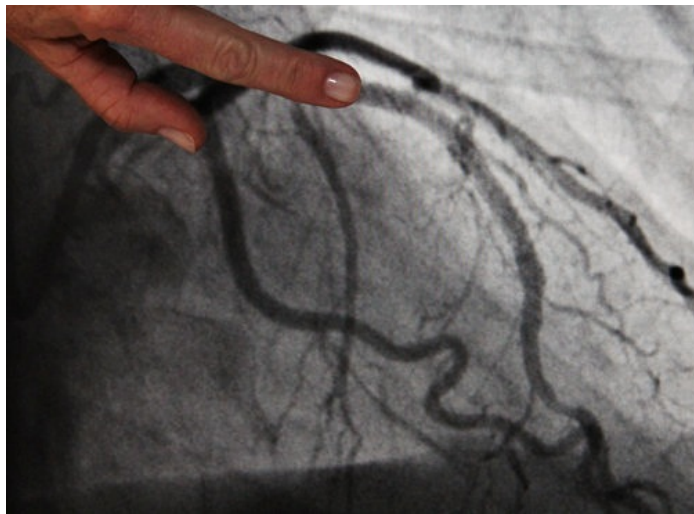


Figura 26.- Angiografía de obstrucción arterial por LDL

DAÑO EN EL ADN POR RADICALES LIBRES

El ADN contiene las instrucciones biológicas dirigidas a las células para indicarles cómo deben crecer, cambiar y llevar a cabo sus funciones. Casi cada una de nuestros 60 trillones de células contiene un juego completo de estas instrucciones y determinados aspectos de las mismas son activados en el interior de los distintos tipos de células (Jack Challem, 2008).

Cuando los radicales libres atacan al ADN dichas instrucciones pueden mutar, de tal forma que pueden transformar estas células en cancerosas. Estas células se vuelven indiferenciadas, con lo cual pierden las características que les permiten desempeñar funciones especiales.

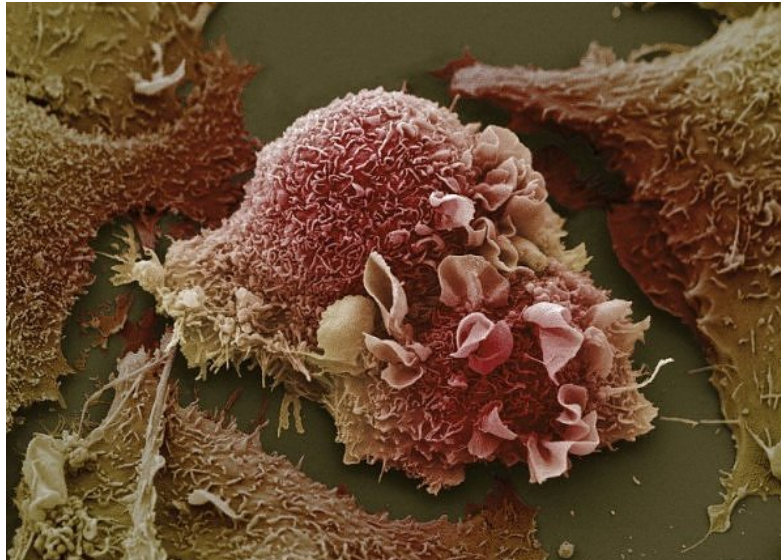


Figura 27.- Microscopía de célula cancerosa en pulmón

El ser humano está protegido del estrés oxidativo gracias a la acción de estas sustancias antioxidantes que poseen diferentes funciones (Shi Noguchi y Niki 2001). Los radicales superóxido se forman por la adición de un electrón al oxígeno molecular.

Estas especies altamente reactivas pueden entonces adquirir otro electrón y combinarse con protones para formar peróxido de hidrógeno. En presencia de iones de metales de transición tales como el Fe^{+2} y el Cu^{+2} el peróxido de hidrógeno se rompe para formar especies de oxígeno aun más reactivas con capacidad de dañar el DNA de forma directa o participar en las reacciones de propagación en cadena de los lípidos de membrana (Jack Challem, 2008).

ANTIOXIDANTES

Las células de los animales y las plantas se auto protegen contra estos efectos desplegando las así llamadas sustancias antioxidantes para atrapar o amortiguar los radicales libres y por lo tanto detener las reacciones dañinas provocadas por ellos.

Los antioxidantes naturales se encuentran presentes en prácticamente todas las plantas microorganismos hongos e incluso en los tejidos animales (YanishllevaMaslarova, 2001).



Figura 28.- Hongo antioxidante *Ganoderma lucidum* (Jie Sun y Col. 2004)

En la actualidad existen múltiples reportes que demuestran la capacidad antioxidante de plantas, frutas y vegetales que han sido utilizadas en tratamientos médicos tradicionales durante muchos años en diversas partes del mundo. La actividad antioxidante de dichas plantas se debe principalmente a compuestos que presentan una gran actividad biológica, tales como polifenoles, vitaminas y minerales (Khalaf, 2008; Chemah, 2010).

Entre los polifenoles mayormente encontrados en los materiales vegetales estudiados se encuentran los flavonoides, isoflavonas, flavonas, quercitina, catequinas, isocatequinas y colorantes como betalainas e indicaxantina (Cai 2010 y Sumaya-Martínez, 2011).

La acción antioxidante presente en estas plantas es importante debido a que puede ayudar a combatir enfermedades provocadas por una reacción de radicales libres o especies reactivas del oxígeno, nitrógeno o hierro. Los radicales libres son capaces de favorecer reacciones en cadena muy dañinas para el organismo, desencadenando un fenómeno conocido como estrés

oxidativo. Dicho fenómeno ha sido recientemente asociado a enfermedades tales como Alzheimer, cáncer, además de algunas enfermedades cardiovasculares, debido a mecanismos de peroxidación lipídica, daño al DNA y proteínas, entre otros (Butera, 2002; Nuengchamng, 2004).

CLASIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTES

De las numerosas clasificaciones de los antioxidantes se adoptará la que los divide en:

- Exógenos: antioxidantes que ingresan a través de la cadena alimentaria.
- Endógenos: son sintetizados por la célula.

Entre los primeros se encuentra la vitamina E, la vitamina C, el β -caroteno, flavonoides y licopeno, entre otros. Estos antioxidantes exógenos son encontrados en nuestra flora. Existen muchas sustancias antioxidantes reconocidas desde el punto de vista científico, pero en otras ocasiones reportadas por la medicina popular. También los oligoelementos como Zn, Se, Mn, Fe, etc. encontrados en las plantas se necesita incorporarlos en la dieta, pues forman parte del núcleo activo de las enzimas antioxidantes (Lourdes García, 2001).

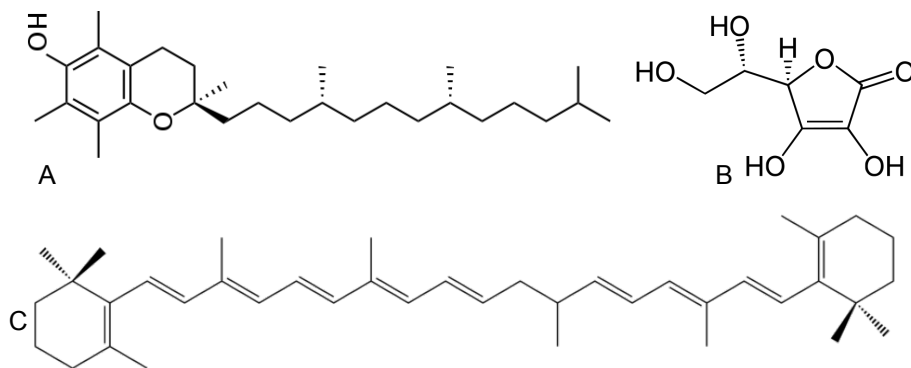


Figura 29.- Estructura química, A: vitamina E, B: vitamina C, C: β -caroteno

La vitamina A tiene una fuerte acción antioxidante que se reconoce especialmente por la neutralización del oxígeno singlete por un mecanismo de transferencia de energía del radical, formación de un triplete de vitamina A y posterior disipación de esta energía con regeneración de la vitamina. Con respecto a los β -carotenos y carotenoides, la vitamina A es menos eficiente en su acción antioxidante por presentar menor cantidad de insaturaciones en su estructura. Se ha demostrado su capacidad para neutralizar peróxidos lipídicos (García JC: Monografía. Especies reactivas del oxígeno. 1998). Existen plantas como la *Daucus carota sativa* (zanahoria), la *Curcubita maxima D* (calabaza) y otros frutos coloreados que contienen β - carotenos, precursores de la vitamina A (Lourdes García, 2001).

Los aceites soya, algodón y maíz contienen vitamina E. Experimentos realizados en animales de laboratorio demuestran que los antioxidantes provenientes de la soya contribuyen a prevenir mutaciones celulares. El aceite de la palma real contiene antioxidantes naturales como los tocoferoles, vitamina E y tocotrienoles que actúan como protectores contra el envejecimiento de las células (Lourdes García, 2001).

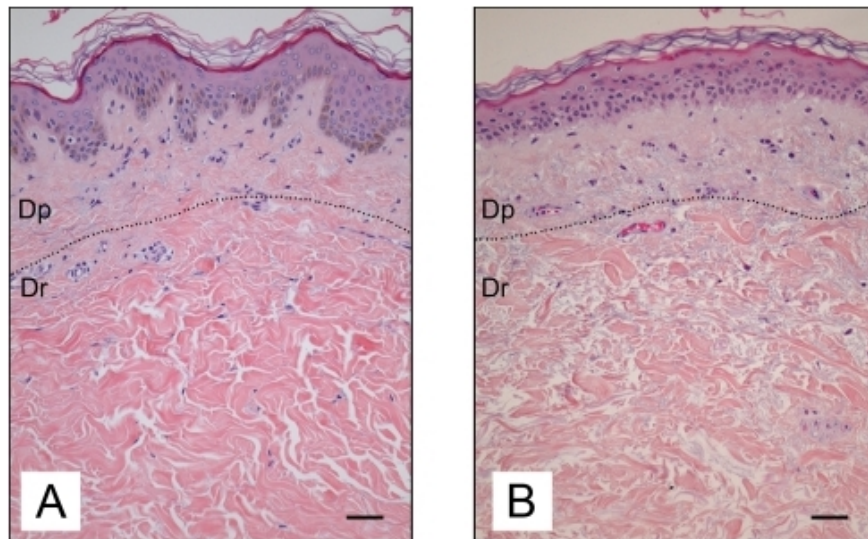


Figura 30.- Envejecimiento de células de la piel, A: piel joven, B: piel envejecida

El ácido ascórbico (vitamina C) tiene un efecto mediado por la interacción directa con varias especies reactivas del oxígeno incluidos el ozono y el óxido nítrico, este neutraliza otras especies reactivas como el ácido hipocloroso y regenera la forma activa de otros antioxidantes directos. Además inhibe de forma directa la reacción de formación de especies reactivas del oxígeno mediada por el hierro de las ferroproteínas y el peróxido de hidrógeno (Lourdes García, 2001).

LAS SALVIAS COMO ANTIOXIDANTES

Estudios recientes demuestran que compuestos de tipo abietatriénico juegan un papel importante en el mecanismo de defensa contra especies químicas altamente dañinas para las células como son los radicales libres del oxígeno y oxígeno molecular en su estado singlete, comportándose así como fitoalexinas de estrés lumínico. Esta conclusión está apoyada además por la observación de que la concentración de este tipo de diterpenos es muy alta en especies de *Salvias* de zonas desérticas las cuales están sometidas a una elevada dosis de irradiación solar, mientras que otras especies de *Salvias* de zonas húmedas y bosques de niebla, biosintetizan preferentemente diterpenos neoclerodánicos, pero no diterpenos abietatriénicos (I. Córdova Guerrero, 2006).

Se realizaron estudios comparativos sobre la actividad antioxidante del aceite esencial de *Salvia officinalis* con antioxidantes sintéticos utilizados en la industria alimentaria, en la Universidad de Extremadura España, los cuales revelaron que los antioxidantes añadidos inhibieron satisfactoriamente las reacciones de oxidación en los productos cocidos de cerdo Ibérico. La actividad antioxidante de los aceites esenciales de salvia, fue similar a la que presenta el BHT, sugiriendo la posibilidad de que los antioxidantes naturales pudieran ser usados como alternativos al uso de antioxidantes sintéticos(R. Cava López, M. Estévez, 2006). De igual forma en el Instituto de Botánica y Farmacognosia Aplicada en Viena, Austria se evaluaron las capacidades antioxidantes de 19 accesiones de *Salvia officinalis* de la colección de *Salvias* del banco de germoplasma en Gatersleben (Alemania) . Los resultados demostraron una alta variabilidad entre accesiones, dentro de estas fueron identificadas con alto contenido fenólico y fuerte actividad antioxidante. En general , el estudio demostró una alta variabilidad en metabolitos secundarios presentes en la salvia, que podría ser utilizado para la cría de genotipos altamente antioxidantes de *Salvia officinalis* (Aline Lamien-Meda y Col. 2010).



Figura 31.- *Salvia officinalis*



METODOLOGÍA



RECOLECCIÓN DE MATERIAL VEGETAL

Se utilizó la parte aérea de cinco especies de *Salvia*, estas fueron: *mellifera*, *clevelandii*, *apiana*, *munzii* y *pachyphylla*. Ubicadas en distintos puntos de Baja California, y recolectadas con el Dr. José Delgadillo Rodríguez.



Figura 32.- *S. pachyphylla*



Figura 33.- *S. apiana*



Figura 34.- *S. munzii*



Figura 35.- *S. mellifera*



Figura 36.- *S. clevelandii*

Los *voucher specimen* se identificaron en el herbario BCMEX de la facultad de ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada, como; *S. mellifera*: , *S. clevelandii*: BCMEX8715, *S. apiana*: , *S. munzii*: , *S. pachyphylla*: BCMEX9783.

Los puntos de recolección de las cinco especies fueron:

Tabla 2.- Coordenadas de recolección

Especie	Norte	Oeste	Altura
<i>S. mellifera</i>	32°30'10"	116°99'34"	140 m
<i>S. clevelandii</i>	31°58'05"	116°37'31"	345 m
<i>S. apiana</i>	31°99'10"	116°63'55"	320 m
<i>S. munzii</i>	31°86'29"	116°63'65"	100 m
<i>S. pachyphylla</i>	32°02'35"	115°94'21"	1630 m

La comparación estacional de los aceites esenciales se llevó a cabo durante un año, tomando una muestra de especie de aproximadamente un kilogramo, por cada estación, siendo las siguientes fechas de recolección en orden de día, mes y año:

Tabla 3.- Fechas de recolección

Especie	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<i>S. mellifera</i>	18.04.12	25.06.12	25.10.12	17.01.13
<i>S. clevelandii</i>	19.04.12	25.06.12	25.10.12	17.01.13
<i>S. apiana</i>	19.04.12	25.06.12	25.10.12	17.01.13
<i>S. munzii</i>	19.04.12	25.06.12	09.11.12	18.01.13
<i>S. pachyphylla</i>	19.04.12	25.06.12	26.10.12	18.01.13

PREPARACIÓN DE MATERIAL VEGETAL

A la parte aérea del material vegetal recolectado, se le retiraron las ramas, de manera que para la extracción del aceite esencial únicamente se utilizaron: hojas, peciolo, flor (en dado caso se presentarla) y semilla. Una vez retiradas las ramas, se utilizaron las partes mencionadas sin cortes, para evitar la pérdida de metabolitos volátiles y descartando muestras visiblemente contaminadas con algún parasito.



Figura 37.- Hoja *S. apiana* visiblemente contaminada

EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL

La extracción se llevo a cabo con un sistema de hidrodestilación, utilizando un matraz bola de cinco litros para colocación del material vegetal, un refrigerante de flujo de agua, un matraz recolector y adaptadores para unir el sistema. Para el calentamiento se utilizó una parrilla eléctrica y baño de aceite.



Figura 38.- Sistema de hidrodestilación

Se pesaron doscientos gramos de material vegetal, colocándolos en el matraz bola con tres litros de agua desionizada. La hidrodestilación se mantuvo por cinco horas, en total de material vegetal se utilizaron seiscientos gramos por especie por estación.

El aceite esencial se separó naturalmente del agua de la hidrodestilación, sin embargo se hicieron extracciones con éter etílico al agua residual y así se obtuvieron micelas dispersas de aceite atrapadas en el agua, en la fase orgánica de la extracción. Finalmente obteniendo la separación del aceite esencial, se aseguro de retirar cualquier residuo de agua con sulfato de magnesio anhidro, se solubilizó en diclorometano filtrando el sulfato de magnesio anhidro, se retiro el solvente (diclorometano) por evaporación a baja presión y se almacenó en atmosfera inerte de nitrógeno a 4° C hasta su análisis.

ACEITES ESENCIALES EVALUADOS

Todos los aceites obtenidos de las cinco especies durante las estaciones recolectadas fueron evaluados, siendo un total de 20 muestras analizadas. A cada aceite se le otorgó una clave:

Tabla 4.- Claves para muestras de aceites esenciales

Especie	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<i>S. mellifera</i>	SMEPA	SMEVA	SMEOA	SMEIA
<i>S. clevelandii</i>	SCPA	SCVA	SCOA	SCIA
<i>S. apiana</i>	SAPA	SAVA	SAOA	SAIA
<i>S. munzii</i>	SMPA	SMVA	SMOA	SMIA
<i>S. pachyphylla</i>	SPPA	SPVA	SPOA	SPIA

CARACTERIZACIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Para la caracterización de los aceites esenciales se utilizó un equipo de cromatografía de gases acoplado a masas, operado por el Dr. Daniel Chávez en el Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de Tijuana.

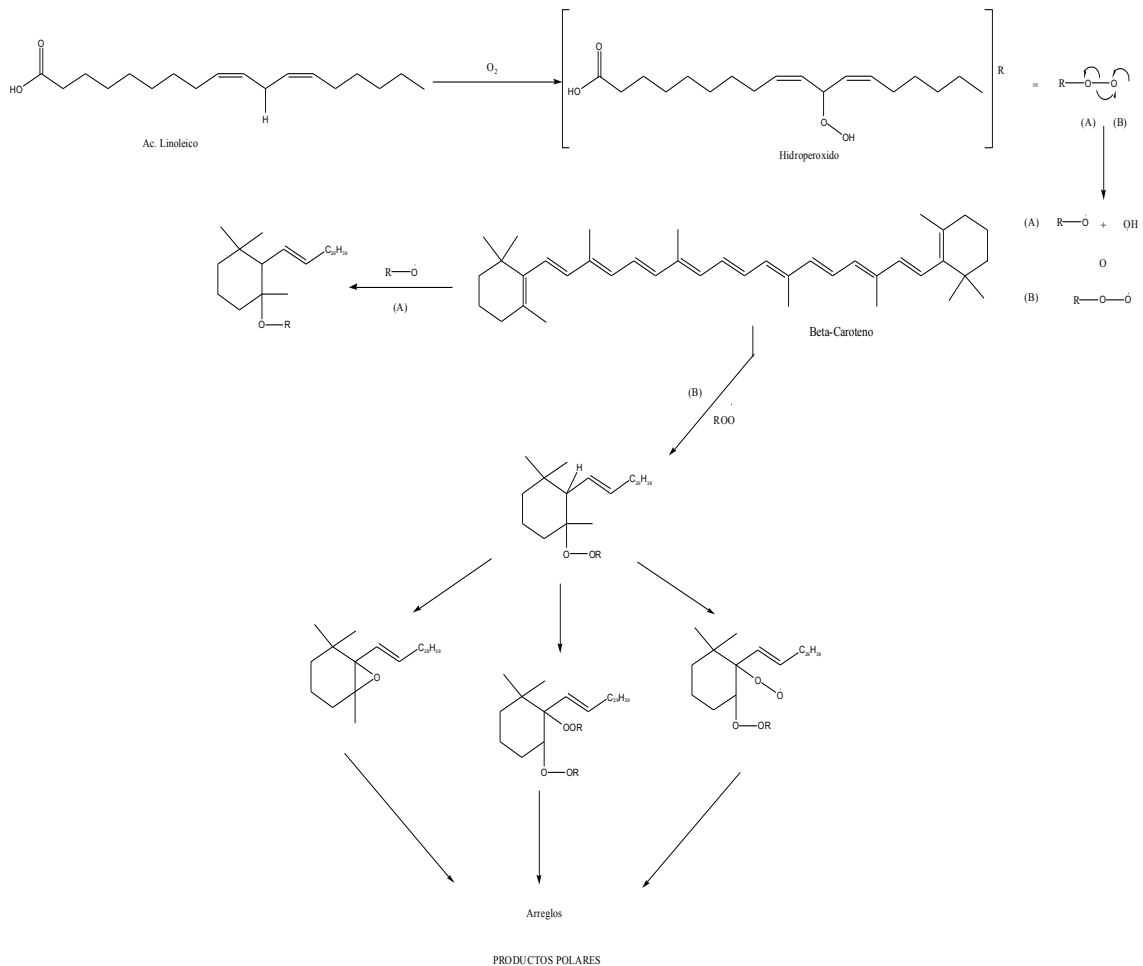
El equipo utilizado fue un modelo Agilent Technologies 7890A / 5975C, con una columna capilar de 30m × 0.25 mm × 0.25 µm, el volumen de inyección del aceite fue de 0.5 µL, con una dilución con gas 1:2000, la temperatura de columna fue de 70°C, la temperatura del inyector de 250°C y una rampa de columna desde 70°C hasta 100°C a 2°C/min. posteriormente de 100°C hasta 250°C a 10°C/min. Esta metodología fue utilizada para todos los aceites, por cada estación.

EVALUACIÓN ANTIOXIDANTE DE ACEITES ESENCIALES

Las técnicas empleadas para la evaluación antioxidante de los aceites esenciales fueron: decoloración oxidativa del β-caroteno y reducción del radical DPPH.

DECOLORACIÓN OXIDATIVA DEL β -CAROTENO

Esta técnica se basa en la capacidad de diversos aceites de disminuir la decoloración en una emulsión ácida, se considera colorimétrica ya que la oxidación sucesiva del β -caroteno conlleva a dicha pérdida de color de la disolución utilizada en el experimento a tiempo cero. Cuando la muestra a evaluar presenta actividad antioxidante significa que esta fracción efectúa una protección del β -caroteno frente a la oxidación y por lo tanto la decoloración de la disolución será lenta o nula.



Esquema 2.- Mecanismo de oxidación de la técnica de β -caroteno.

PROCEDIMIENTO

Emulsión de β -caroteno

En un frasco ámbar (o protegido de la luz) se adicionaron 25 μ L de ácido linoléico, 200 μ L de tween 20 y 1 mL de solución de β -caroteno (0.5 mg de β -caroteno disuelto en 1 mL de cloroformo). Se agitó vigorosamente y se dejó evaporar el cloroformo a temperatura ambiente en una campana de extracción protegida de la luz. Una vez evaporado, se adicionaron 100 mL de agua destilada (previamente en constante burbujeo de aire durante una hora, para favorecer el medio oxidativo que se planea utilizar para el ensayo) y se agitó hasta la formación de una emulsión.

Muestras de aceite esencial

Cada muestra de aceite esencial, control positivo y blanco se evaluaron por triplicado, de manera que se utilizaron tres tubos de ensayo ámbar (o protegidos de la luz), para cada una de las muestras analizadas. Dentro de estos tubos, se colocaron 350 μ L de disolución de aceite esencial (0.5 mg de aceite esencial en 1 mL de etanol). Para el control positivo se colocaron 350 μ L de disolución de α -tocoferol (0.5 mL de α -tocoferol en 1 mL de etanol) y en el caso del blanco se colocaron 350 μ L de etanol.

Evaluación

Se tomaron alícuotas de 2.5 mL de emulsión de β -caroteno y se transfirieron a los tubos de ensayo con la disolución del aceite esencial a evaluar. Inmediatamente después de agregar la emulsión de β -caroteno al tubo se midió la absorbancia a 490 nm, esta lectura representó la absorbancia a tiempo cero ($t=0$ minutos). Las subsecuentes lecturas de absorbancia fueron registradas en intervalos de 15 minutos manteniendo los tubos en baño maría a 50 °C por 120 minutos.



Figura 39.- Disolución de aceites esenciales en etanol.

Obtención de porcentaje antioxidante

Las absorbancias obtenidas se promediaron para realizar los correspondientes cálculos, el porcentaje de actividad antioxidante se determinó utilizando la siguiente ecuación:

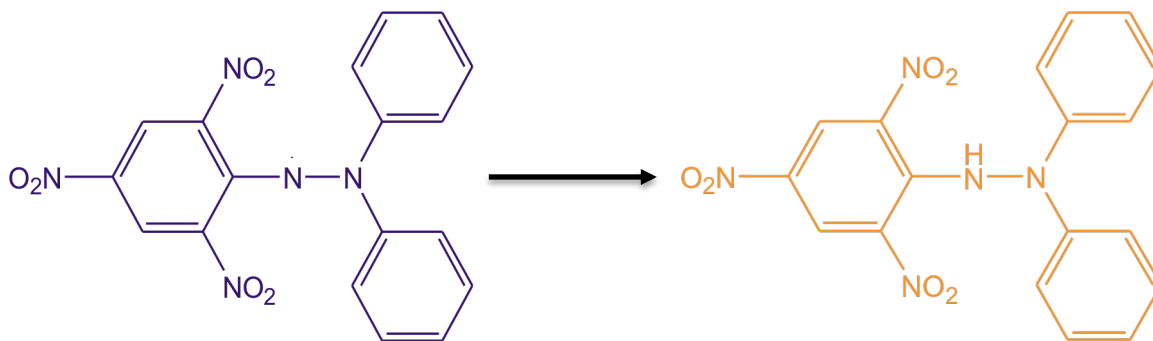
$$\% \text{ Actividad antioxidante} = 100 [1 - (Am^0 - Am^{120}) / (Ac^0 - Ac^{120})]$$

Donde:

- Am^0 = absorbancia de la muestra a 0 minutos.
- Am^{120} = absorbancia de la muestra a 120 minutos.
- Ac^0 = absorbancia de la muestra a 0 minutos.
- Ac^{120} = absorbancia de la muestra a 120 minutos.

REDUCCIÓN DEL RADICAL DPPH

La reducción del radical DPPH con compuestos antioxidantes se determinó aplicando el método descrito por Burda y Olezak (2001) con algunas modificaciones. En esta técnica, los compuestos activos reducen el radical difenil picril hidrazilo (DPPH, por sus siglas en inglés) con un color morado, al compuesto difenil picril hidracina de un color amarillo muy tenue.



Esquema 3.- Reducción del radical DPPH

PROCEDIMIENTO

Disolución de DPPH

Se pesaron 7.5 mg del radical DPPH y se colocaron en un frasco ámbar para protegerlo de la luz, se le adicionaron 250 mL de metanol, me agito hasta disolver completamente el radical y se dejo en reposo por 5 minutos.

Muestra de aceite esencial

Para cada uno de los aceites a evaluar, control positivo y blanco se prepararon las siguientes concentraciones: 1, 0.5, 0.25, 0.12, 0.06, 0.03 mg de muestra por mL de metanol, cada una de las concentraciones se realizaron por triplicado. Las concentraciones fueron preparadas en tubos de ensayo ámbar o cubiertos de la luz. Para el control positivo de utilizó α -tocoferol y metanol como blanco.

Evaluación

Una vez preparada la disolución del radical DPPH, se midió su absorbancia a 517 nm. Posteriormente se tomaron alícuotas de 5 mL de la disolución del radical, y se adicionaron a los tubos de ensayo con las concentraciones de muestra, 5 minutos después de la adición se midió su absorbancia a la misma longitud de onda.

Obtención de concentración efectiva media (CE_{50})

Las absorbancias obtenidas fueron promediadas, el porcentaje de actividad antirradicalaria se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Actividad antirradicalaria} = 100 [1 - A_m/A_c]$$

Dónde:

A_m = absorbancia de la muestra.

A_c = absorbancia de la muestra control (DPPH).

Los porcentajes de actividad antirradicalaria de cada muestra se colocaron en una grafica con su concentración correspondiente, pudiendo obtener así la ecuación de la recta, se tomaron las ecuaciones con un coeficiente de correlación mínimo de 0.97. En dichas ecuaciones, se obtuvo la concentración de cada muestra en la cual su porcentaje antirradicalario era del 50 por ciento.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS



Las especies de *Salvia* que se estudiaron fitoquímicamente en esta tesis; *mellifera*, *clevelandii*, *apiana*, *munzii* y *pachyphylla*, son nativas de la parte norte de la península de Baja California (México) y del sur del estado de California (USA). Pertenecen a la vegetación de tipo chaparral de la serie del chamizo encontradas en el norte de Baja California entre los límites con los bosques de coníferas y el matorral costero de la costa del Pacífico de esta península Mexicana.

Salvia mellifera

La especie *mellifera* perteneciente al género *Salvia* de la familia *Lamiaceae*, tiene un aspecto oscuro, especialmente durante la sequía, de ahí su nombre común: Salvia negra. *Salvia* se deriva de la palabra en latín: *salvare*, que significa curar y se refiere a las propiedades medicinales de las *Salvias*. El específico epíteto: *mellifera*, significa " que produce miel " y se refiere a su uso por las abejas libando néctar.

Los arbustos son abiertos, de 1 a 2 m de altura, con trezado, madera surcada tallos en la base, y la punta de las ramas verdes herbáceas que son de sección cuadrada. Las ramas y las hojas son glandular, muy aromático, y opuesta. Las hojas oblongo-elípticas son de 2 a 6 cm de largo, verde oscuro y ruguloso arriba (convexa entre las venas obvias) con crenulado (finamente festoneado) los márgenes y se estrechan a unos pocos a 12 mm de largo pecíolo (Munz y Keck, 1968).

Las flores se producen en racimos compactos subtendidos por brácteas verdes y están espaciados 2-6 cm de distancia a lo largo de la inflorescencia menudo ramificado, las corolas varían desde el blanco puro al azul pálido o lavanda. *Salvia mellifera* es importante para la restauración, control de la erosión, y el paisaje nativo en California. Las plantas proporcionan la cubierta y las semillas para la vida silvestre, el oeste del Condado de Riverside en California, anida con frecuencia la vegetación de salvia negra (Weaver, 1998).

Las semillas se comen y las hojas han sido usadas para dar sabor en las tribus nativas de California (Bean y Saubel, 1972). Además, las hojas tienen una larga historia de uso medicinal por las tribus nativas (Bocek, 1984). Sus compuestos diterpeno tienen actividad antimicrobiana contra bacterias gram (+) bacterias (Moujir y Col., 1996).

Salvia clevelandii

La especie *clevelandii* es un arbusto vascular de la familia *Lamiaceae* del género *Salvia*, que crece en zonas con un clima tipo mediterráneo característico de esta región de América. Esta especie se encuentra redondeado de color verde que llega a medir entre 60 cm y 1.5 m de altura. Presenta hojas verdes y grisáceas de forma lineal o lanceolada que miden aproximadamente entre 3 cm de longitud de contorno aserrado, y presentan un aroma fuerte. Las flores de esta planta son de color moradas o azuladas en forma de racimos. El periodo de florecimiento es de un mes generalmente iniciando el verano. El tallo es de estructura rígida y aérea.

En el aceite esencial de *Salvia clevelandii* los componentes dominantes son el alcanfor ($43,54 \pm 3,73\%$) y 1,8-cineol ($19,39 \pm 2,39\%$). Los patrones generales del aceite esencial no difieren significativamente, la varianza está marcada por la presencia o ausencia de componentes traza. (Arthur O. Tucker y Col., 2011).

Salvia apiana

La especie *apiana* es una planta vascular de la familia *Lamiaceae* del género *Salvia*, que se superpone con otras especies de *Salvia* en la sección *Audibertia* en el sur de California, principalmente los subarbustos (Epling, 1938 y Munz, 1974). Es una subespecie aromática importante en el interior del matorral costero, su vegetación ha disminuido sustancialmente en el Condado de Riverside en California, en los últimos 50 años (Roberts y Col., 2004). La ubicación geográfica de dicha especie va desde el Condado de Santa Bárbara, California hacia el sur hasta el centro de Baja California y al este hasta el borde occidental del desierto de Colorado (Epling, 1938, Munz y Keck, 1968).

Es un arbusto redondeado, que mide de 1 a 2.5 m de altura, sus hojas están cubiertas de pelos cortos y glándulas sebáceas que dan a las hojas un brillo plateado, son color blanquecino pálido verdes grisáceas, miden de 3 a 9 cm de largo, muchas de las cuales persisten durante todo el año, de ahí su nombre común: *Salvia blanca*. Produce pequeñas flores en inflorescencia de color blanco con vetas azuladas o lavanda, tiene dos labios: el inferior es largo con volantes y obstruye el tubo de la corola, mientras que el labio superior se reduce a un pequeño lóbulo. El estilo largo termina en un estigma que sobresale hacia delante unos 15 mm del tubo floral (Montalvo, 2004).

Es una planta altamente tolerante a la sequía, a menudo crecen en suelos áridos y en hábitats con temperaturas estivales elevadas (Montalvo, 2004). En el desierto de Baja California durante la sequía del verano, la conductancia foliar, la tasa de transpiración, y la turgencia de los potenciales eran altas y las plantas no mostraron signos de estrés por sequía (Schmitt y Col, 1993). En chaparral, *Salvia apiana* obtuvo el potencial hídrico más alto, de los arbustos de hoja perenne ensayados, manteniendo su potencial durante todo el día hasta bien entrada la sequía estival (Poole y Miller, 1975)

Las hojas contienen aceites esenciales, una gran variedad de diterpenos y triterpenos, incluyendo el ácido carnósico, ácido oleoico, y el ácido ursólico, algunos de los cuales han sido relacionados con el uso medicinal de la salvia blanca por las tribus nativas (Dentali y Hoffman, 1992). Una tintura de las hojas se ha utilizado internamente como diaforético, diurético y externamente para lavar la piel. Actividad antibacteriana y antifúngica de varios compuestos han sido verificados in vitro (Dentali y Hoffmann, 1992). Además del uso medicinal, las hojas secas se han utilizado aplastándolas como un champú sin jabón (Bean y Saubel, 1972. Moore, 1989).

Se encontraron en la fracción ácida, de un extracto generado con *Salvia apiana* los compuestos: ácido carnósico, ácido 16-hidroxi-carnósico y sus derivados. Presentando una actividad antibacteriana significativa hacia gram-negativa: *Klebsiella pneumoniae* a una concentración de 400 mg/mL, frente a gram-positivas: *Bacillus subtilis* a 300 mg/mL, *Staphylococcus aureus* a 200 mg/mL y actividad antifúngica hacia *Candida albicans* a una concentración de 200 mg/mL. Mientras que su aceite esencial (compuesto principalmente de 1,8-cineol y alcanfor) fue inactivo, incluso a 1000 mg/mL contra los organismos ensayados (Dentali y Hoffmann, 1992).

Salvia munzii

La especie *munzii* es un arbusto vascular de la familia *Lamiaceae* del género *Salvia*, nativo de California y Baja California. Llega a medir hasta 2.5 m, su flor es color azul oscuro, las hojas miden de 1.3 - 5 cm. (Bruce G. Baldwin, 2012).

El estudio de su aceite esencial, muestra que la fracción de monoterpenos ascendió a 80% del total de aceite, mientras que sesquiterpenos representan sólo el 15%: los compuestos principales son cis-tuyona (33%) y

alcanfor (27%), con δ -cadineno (8%) y geraniol (4%) en cantidades apreciables. En la literatura, Neisses y compañeros de trabajo (Neisses y Col. 1987) informaron la composición del aceite esencial de esta especie y demostraron que alcanfor es uno de los compuesto principales del aceite. Así mismo se comprobó que los aceites de *S. elegans*, *S. greggii* y *S. munzii* eran inhibidores activos de la germinación y elongación radical de *Raphanus sativus* L. y *Lepidium sativum* L. (Laura de Martino y Col. 2010)

Salvia pachyphylla

La especie *pachyphylla* es un arbusto postrado de la familia *Lamiaceae* del género *Salvia*, nativo de California, Baja California, Nevada y Arizona. La mayoría de las poblaciones de *Salvia pachyphylla* se producen a lo largo de las cordilleras adyacentes al desierto de Mojave en el sur de California, el suroeste de Nevada, y el norte de Baja California, México. Un grupo más pequeño se encuentras en el este de Arizona, cerca del extremo sur de las tierras Navajo y Hopi; reserva cerca de Winslow , Arizona.

El arbusto mide de 60-80 cm, las hojas de 2-5 cm con márgenes redondeados, los tonos de las flores varían entre azul- violeta hasta rosa, midiendo de 8 hasta 13 mm. Esta especie se encuentra entre 1200 hasta los 3050 m de altura sobre el nivel del mar. (Bruce G. Baldwin, 2012).

Se encontró en estudios realizados a 60 especies del genero salvia donde estaba presente la especie *pachyphylla*, que el compuesto α -tocoferol es ubicuo de dicho genero, así como varios diterpenos fenólicos están presentes. Se demostró que la senescencia foliar podría incrementar el rendimiento de los diterpenos fenólicos y α -tocoferol en extractos de salvia. (Maria E. Abreu y Col. 2008)

RESULTADOS RENDIMIENTO DE ACEITE ESECIAL

Los aceites esenciales fueron pesados y medidos en volumen para obtener un dato más claro de la cantidad obtenida en cada una de las estaciones, estos datos fueron divididos con el peso del material vegetal utilizado. Obteniéndose así un rendimiento en base a peso del aceite y peso del material vegetal (p/p), y otro rendimiento en base a volumen del aceite y peso del material vegetal (v/p). Siendo como resultado los siguientes porcentajes:

PRIMAVERA

Tabla 5.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial primavera 2012

Especie	% Rendimiento de Aceite Esencial (p/p)	% Rendimiento de Aceite Esencial (v/p)
<i>S. mellifera</i>	3.2	3.5
<i>S. apiana</i>	4.4	4.9
<i>S. clevelandii</i>	0.4	0.4
<i>S. munzii</i>	1.3	1.4
<i>S. pachyphylla</i>	1.1	1.0

VERANO

Tabla 6.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial verano 2012

Especie	% Rendimiento de Aceite Esencial (p/p)	% Rendimiento de Aceite Esencial (v/p)
<i>S. mellifera</i>	15.7	17.6
<i>S. apiana</i>	5.5	5.9
<i>S. clevelandii</i>	3.2	3.4
<i>S. munzii</i>	0.3	0.3
<i>S. pachyphylla</i>	1.1	1.1

OTOÑO

Tabla 7.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial otoño 2012

Especie	% Rendimiento de Aceite Esencial (p/p)	% Rendimiento de Aceite Esencial (v/p)
<i>S. mellifera</i>	2.1	2.2
<i>S. apiana</i>	5.3	5.9
<i>S. clevelandii</i>	3.2	3.2
<i>S. munzii</i>	3.2	3.2
<i>S. pachyphylla</i>	2.7	3.0

INVIERNO

Tabla 8.- Porcentaje de rendimiento de aceite esencial invierno 2013

Especie	% Rendimiento de Aceite Esencial (p/p)	% Rendimiento de Aceite Esencial (v/p)
<i>S. mellifera</i>	2.5	2.6
<i>S. apiana</i>	4.1	4.3
<i>S. clevelandii</i>	2.0	2.1
<i>S. munzii</i>	2.3	2.5
<i>S. pachyphylla</i>	1.1	1.2

Los resultados de rendimiento tanto de p/p como v/p, muestran las dos especies destacadas en cantidad de aceite esencial. En las estaciones primavera, otoño e invierno, es la especie *S. apiana* con porcentajes de rendimiento de 4-5% y en la estación verano la especie *S. mellifera* con un 15% p/p y 17% v/p. De las especies analizadas *S. apiana* y *S. mellifera*, fueron las de mayores dimensiones en hoja, tomando en cuenta que la producción, acumulación, emisión y/o secreción de grandes cantidades de aceites esenciales depende de estructuras anatómicas especializadas de la planta tales como tricomas glandulares, cavidades secretorias de las hojas y epidermas glandulares de los pétalos, todas ellas en función del tamaño de las mismas. Algunos otros factores intervienen en la fabricación de dichos aceites, como la madurez de la hoja y las condiciones climáticas a las que se somete la planta (D. L. Hallahan, 2005).

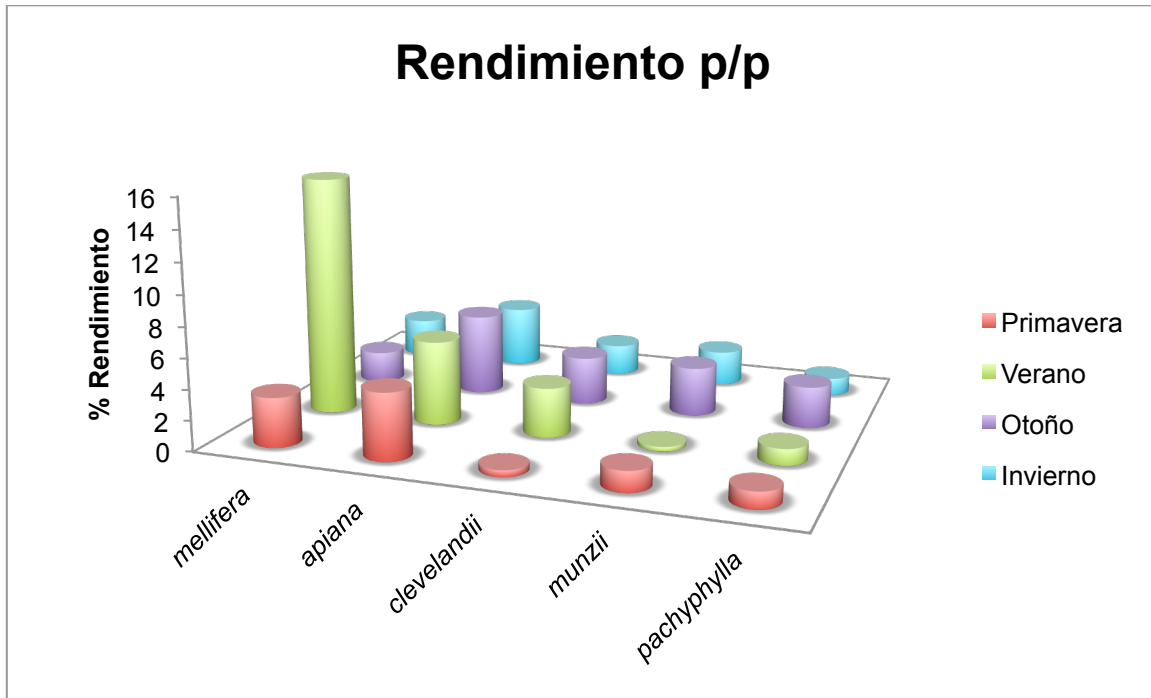


Figura 40.- Gráfica del rendimiento de aceite esencial p/p

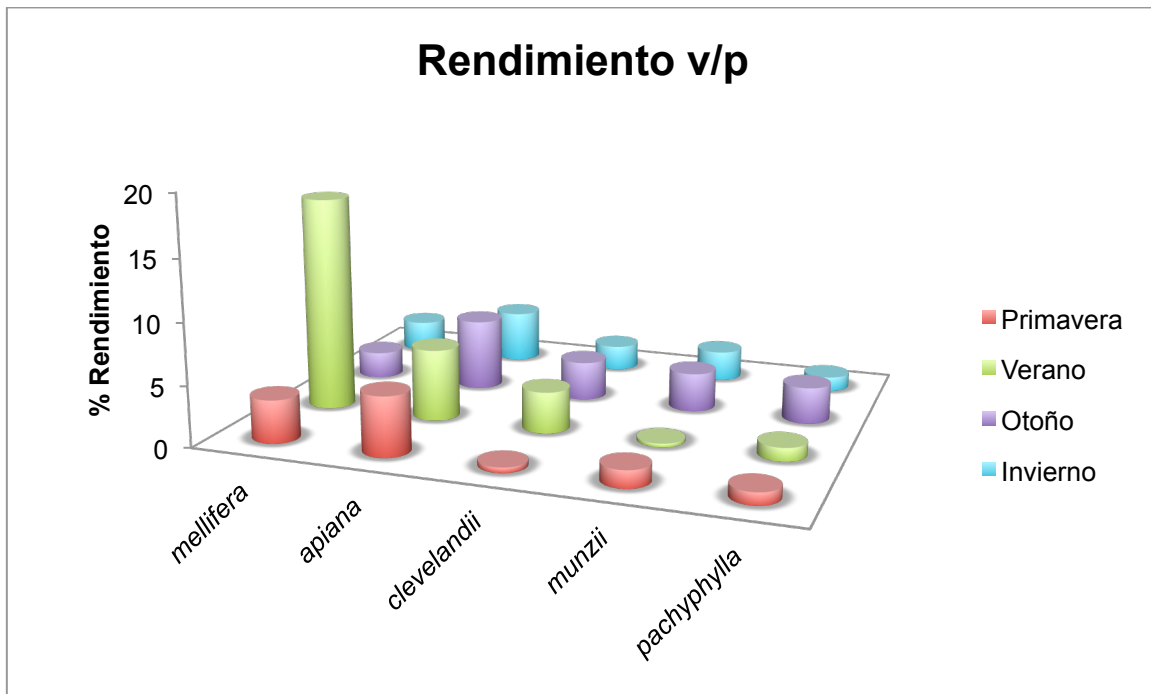


Figura 41.- Gráfica del rendimiento de aceite esencial v/p

Para las especies *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. clevelandii* la estación verano fue favorable para la producción de aceite esencial, y la estación otoño lo fue para las especies *S. munzii* y *S. pachyphylla*.

En algunas investigaciones se menciona que la acumulación de aceite esencial aumenta significativamente en el curso de la floración, cuando hay un severo estrés hídrico (Zahra F. Baher, 2002). Como se muestra en la tabla las especies *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. clevelandii* en recolección de primavera se encontraron con flor, y en el caso de las especies *S. munzii* y *S. pachyphylla* esta estación fue verano. En todas las especies las cantidades mas sobresaliente de aceite esencial se presenciaron una estación después de su floración.

Tabla 9.- Fechas de recolección y presencia de flor

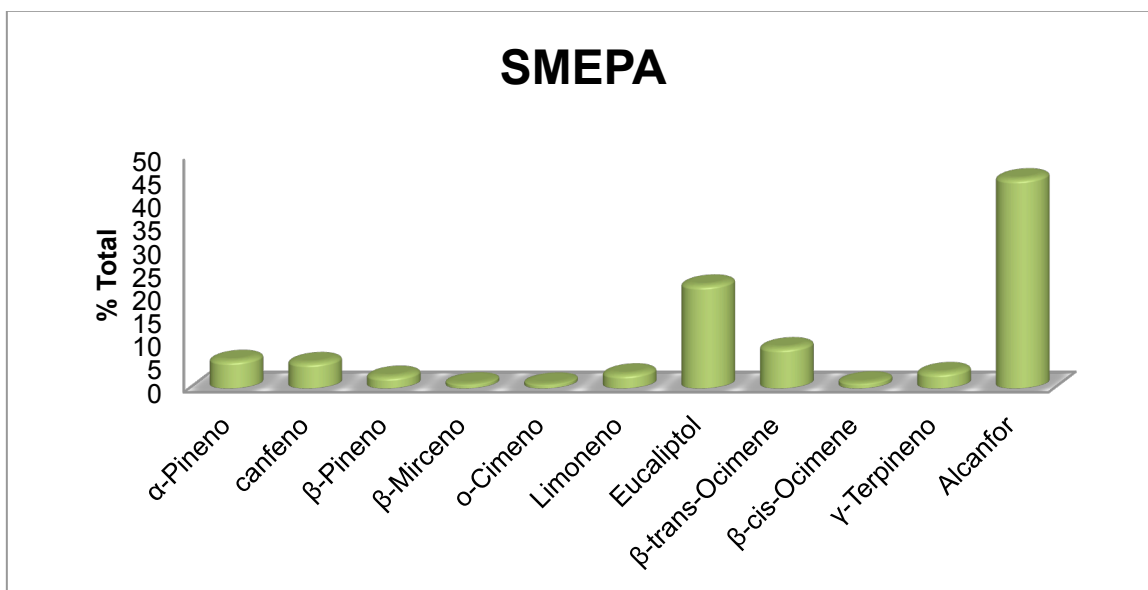
Especie	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<i>S. mellifera</i>	<u>18.04.12</u>	25.06.12	25.10.12	17.01.13
<i>S. clevelandii</i>	<u>19.04.12</u>	25.06.12	25.10.12	17.01.13
<i>S. apiana</i>	<u>19.04.12</u>	25.06.12	25.10.12	17.01.13
<i>S. Munzii</i>	19.04.12	<u>25.06.12</u>	9.11.12	18.01.13
<i>S. Pachyphylla</i>	19.04.12	<u>25.06.12</u>	26.10.12	18.01.13

RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN

PRIMAVERA

*Salvia mellifera***Tabla 10.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en primavera

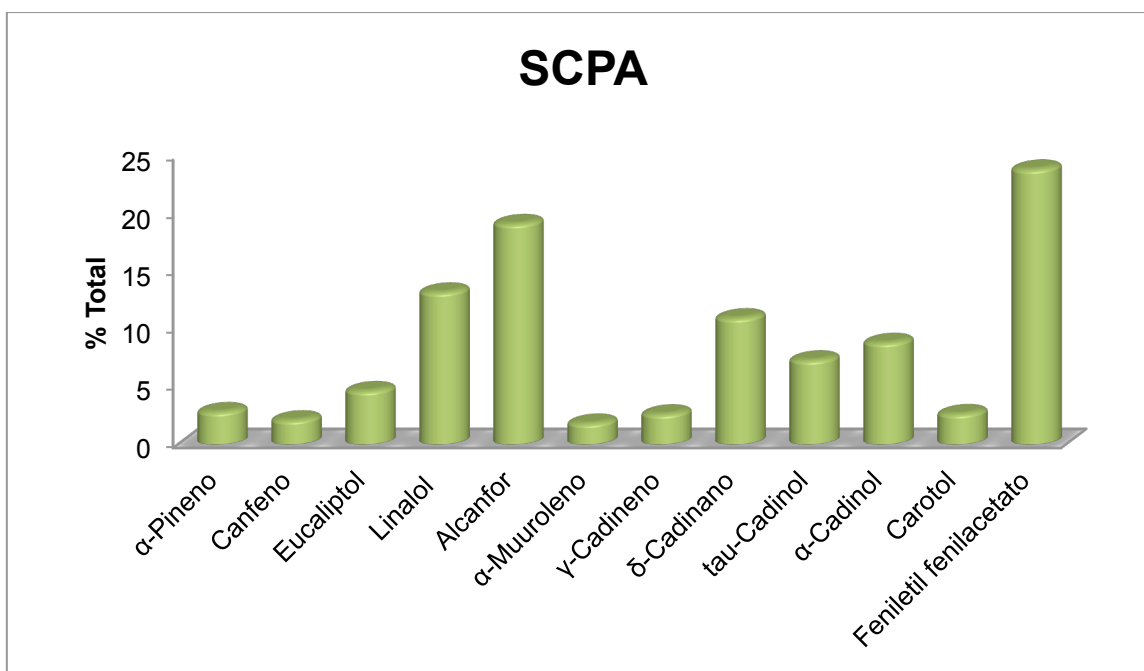
SMEPA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pineno	4.483	13.3	5.999
2	Canfeno	4.819	12.26	5.528
3	β -Pineno	5.464	5.75	2.592
4	β -Mirceno	5.731	2.33	1.052
5	o-Cimeno	6.754	2.23	1.005
6	Limoneno	6.9	6.86	3.093
7	Eucaliptol	6.995	49.29	22.228
8	β -trans-ocimeno	7.141	19.36	8.729
9	β -cis-ocimeno	7.477	2.9	1.307
10	γ -Terpineno	7.881	7.48	3.373
11	Alcanfor	11.451	100	45.094

**Figura 42.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en primavera

En la caracterización del aceite esencial de *S. mellifera* en primavera se pudieron identificar 11 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor con 45%, eucaliptol 22% y β -trans-ocimeno 9% del contenido total de aceite.

*Salvia clevelandii***Tabla 11.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en primavera

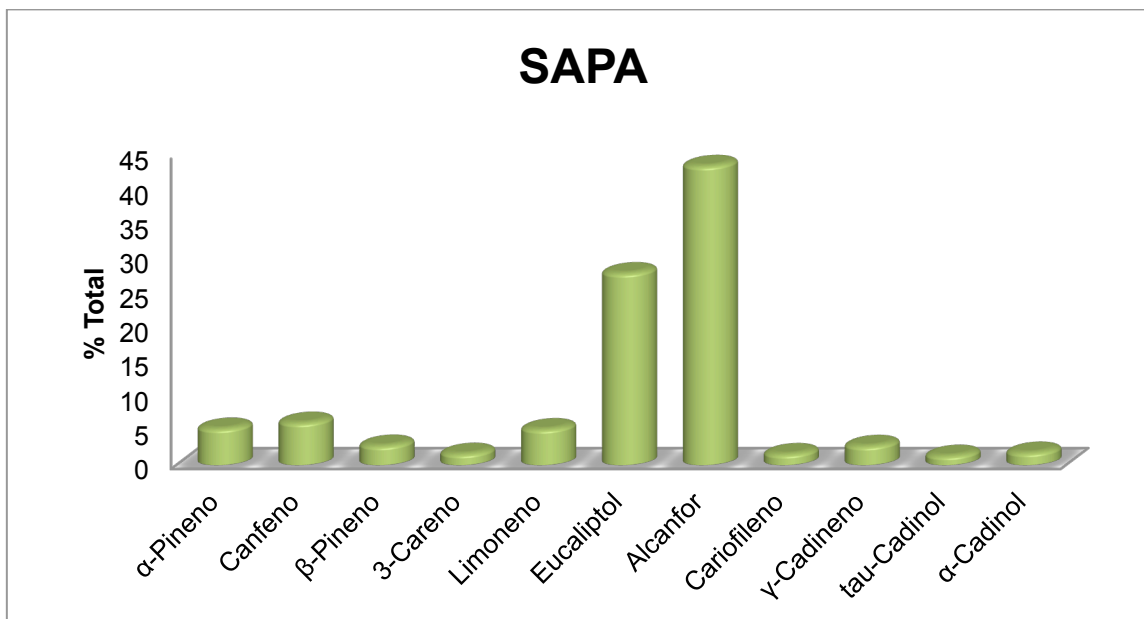
SCPA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.483	11.81	2.821
2	Canfeno	4.81	8.83	2.107
3	Eucaliptol	6.978	19.46	4.647
4	Linalol	9.464	55.31	13.207
5	Alcanfor	11.408	80.19	19.148
6	α -Muuroleno	23.399	7.63	1.821
7	γ -Cadineno	23.631	10.99	2.624
8	δ -Cadinano	23.786	45.92	10.964
9	tau-Cadinol	25.489	30.61	7.31
10	α -Cadinol	25.661	36.97	8.828
11	Carotol	26.143	11.08	2.645
12	Feniletil fenilacetato	28.629	100	23.878

**Figura 43.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en primavera

En la caracterización del aceite esencial de *S. clevelandii* en primavera se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: feniletil fenilacetato con 24%, alcanfor 19% y linalol 13% del contenido total de aceite.

*Salvia apiana***Tabla 12.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en primavera

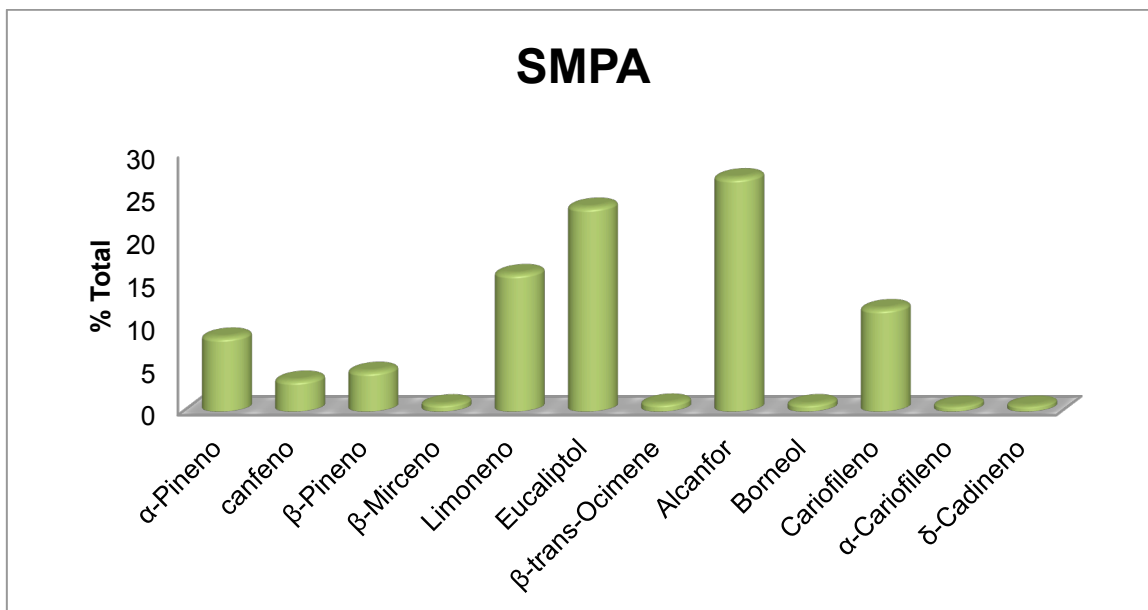
SAPA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.487	12.22	5.303
2	Canfeno	4.814	14.18	6.157
3	β -Pinoeno	5.459	6.51	2.828
4	3-Careno	6.328	3.8	1.649
5	Limoneno	6.895	12.03	5.221
6	Eucaliptol	6.99	64.16	27.85
7	Alcanfor	11.42	100	43.407
8	Cariofileno	21.932	3.71	1.609
9	γ -Cadineno	23.773	6.44	2.794
10	tau-Cadinol	25.476	3.14	1.365
11	α -Cadinol	25.648	4.19	1.817

**Figura 44.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en primavera

En la caracterización del aceite esencial de *S. apiana* en primavera se pudieron identificar 11 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor con 43%, eucaliptol 28% y canfeno 6% del contenido total de aceite.

*Salvia munzii***Tabla 13.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia munzii* en primavera

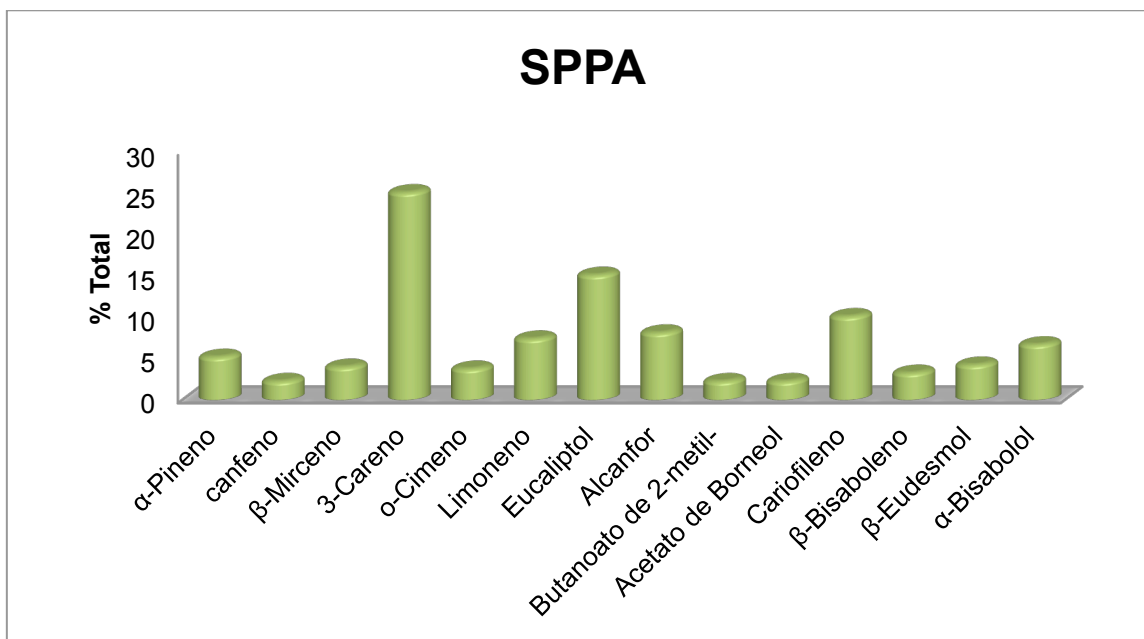
SMPA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pineno	4.492	31.79	8.654
2	Canfeno	4.819	13.35	3.633
3	β -Pineno	5.464	17.14	4.666
4	β -Mirceno	5.73	3.16	0.859
5	Limoneno	6.918	58.98	16.055
6	Eucaliptol	7.012	87.41	23.795
7	β -trans-ocimeno	7.124	3.47	0.944
8	Alcanfor	11.434	100	27.222
9	Borneol	12.337	3.2	0.871
10	Cariofileno	21.954	43.97	11.969
11	α -Cariofileno	22.59	2.39	0.651
12	δ -Cadineno	23.769	2.5	0.68

**Figura 45.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia munzii* en primavera

En la caracterización del aceite esencial de *S. munzii* en primavera se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor con 27%, eucaliptol 24% y limoneno 16% del contenido total de aceite.

*Salvia pachyphylla***Tabla 14.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en primavera

SPPA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pineno	4.483	20.73	5.207
2	Canfeno	4.81	9.07	2.278
3	β -Mirceño	5.722	15.95	4.006
4	3-Careno	6.333	100	25.122
5	o-Cimeno	6.754	15.03	3.775
6	Limoneno	6.883	29.53	7.419
7	Eucaliptol	6.969	60.24	15.134
8	Alcanfor	11.348	32.43	8.147
9	Butanoato de 2-metil-hexilo	15.993	9.03	2.269
10	Acetato de borneol	18.324	9.02	2.266
11	Cariofileno	21.937	40.3	10.124
12	β -Bisaboleno	23.52	13.07	3.282
13	β -Eudesmol	25.618	16.94	4.256
14	α -Bisabolol	25.98	26.72	6.713

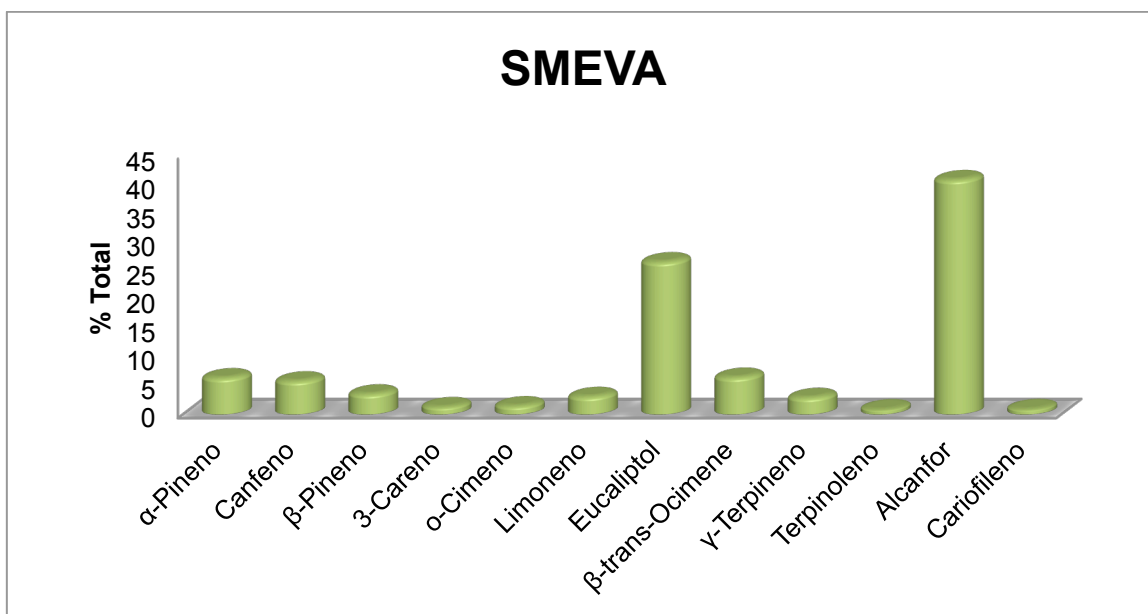
**Figura 46.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en primavera

En la caracterización del aceite esencial de *S. pachyphylla* en primavera se pudieron identificar 14 metabolitos principales, destacando entre ellos: 3-careno con 25%, eucaliptol 15% y cariofileno 10% del contenido total de aceite.

VERANO

*Salvia mellifera***Tabla 15.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en verano

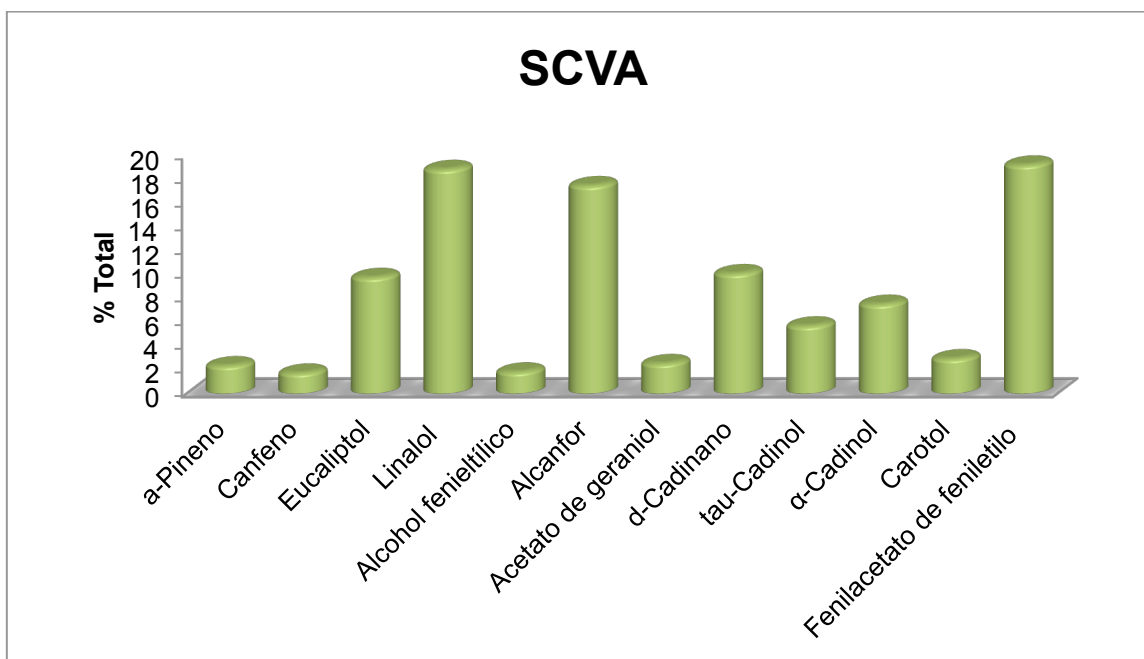
SMEVA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pino	4.487	15.58	6.35
2	Canfeno	4.814	14.24	5.803
3	β -Pino	5.459	8.71	3.548
4	3-Careno	5.725	3.21	1.306
5	o-Cimeno	6.749	3.61	1.471
6	Limoneno	6.895	7.62	3.107
7	Eucaliptol	7.007	65	26.488
8	β -trans-ocimeno	7.136	15.81	6.442
9	γ -Terpineno	7.885	7.2	2.936
10	Terpinoleno	8.977	2.14	0.873
11	Alcanfor	11.463	100	40.749
12	Cariofileno	21.923	2.27	0.925

**Figura 47.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en verano

En la caracterización del aceite esencial de *S. mellifera* en verano se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor con 41%, eucaliptol 26% y β -trans-ocimeno 6% del contenido total de aceite.

*Salvia clevelandii***Tabla 16.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en verano

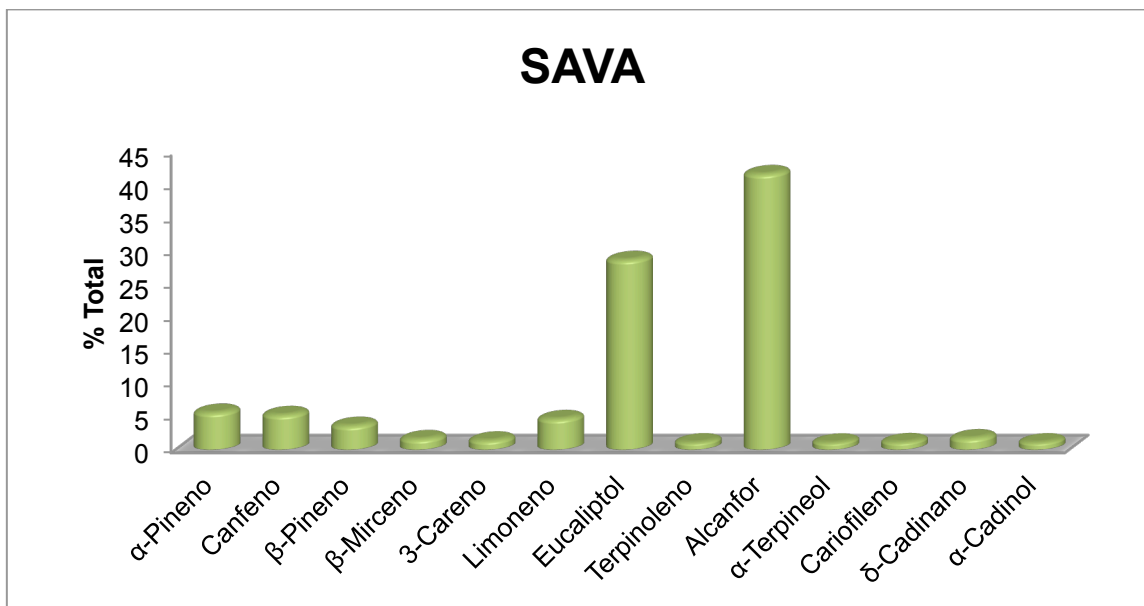
SCVA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.483	12.17	2.341
2	Canfeno	4.81	8.95	1.722
3	Eucaliptol	6.978	50.8	9.77
4	Linalol	9.472	98.08	18.864
5	Alcohol feniletílico	9.971	9.45	1.817
6	Alcanfor	11.391	90.98	17.5
7	Acetato de geraniol	21.171	13.1	2.519
8	d-Cadinano	23.777	52.48	10.093
9	tau-Cadinol	25.481	29.6	5.694
10	α -Cadinol	25.653	39.07	7.514
11	Carotol	26.143	15.25	2.932
12	Fenilacetato de feniletilo	28.62	100	19.234

**Figura 48.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en verano

En la caracterización del aceite esencial de *S. clevelandii* en verano se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: feniletil fenilacetato 19%, linalol 19% y alcanfor 18% del contenido total de aceite.

*Salvia apiana***Tabla 17.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en verano

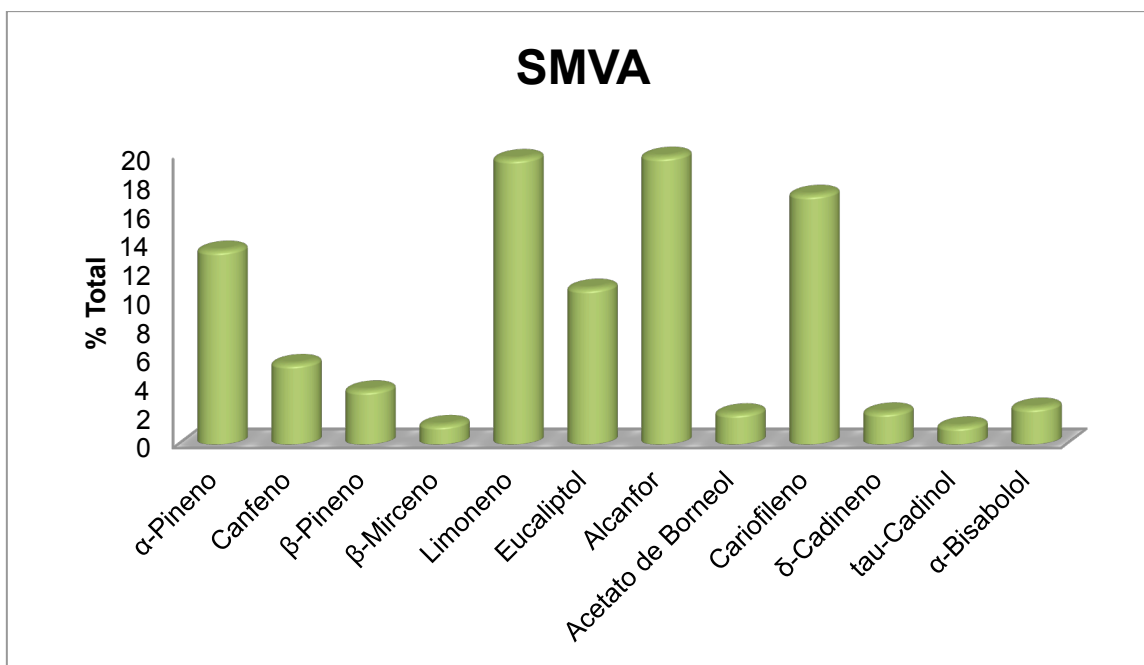
SAVA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.483	13.43	5.603
2	Canfeno	4.81	12.59	5.252
3	β -Pinoeno	5.464	8.67	3.616
4	β -Mirceno	5.731	3.83	1.599
5	3-Careno	6.324	3.33	1.389
6	Limoneno	6.9	11.13	4.641
7	Eucaliptol	7.004	68.85	28.722
8	Terpinoleno	8.982	2.6	1.083
9	Alcanfor	11.451	100	41.718
10	α -Terpineol	13.558	2.51	1.048
11	Cariofileno	21.928	2.67	1.116
12	δ -Cadinano	23.769	4.14	1.728
13	α -Cadinol	25.644	2.6	1.083

**Figura 49.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en verano

En la caracterización del aceite esencial de *S. apiana* en verano se pudieron identificar 13 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor 42%, eucaliptol 29% y α -pinoeno 6% del contenido total de aceite.

*Salvia munzii***Tabla 18.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en verano

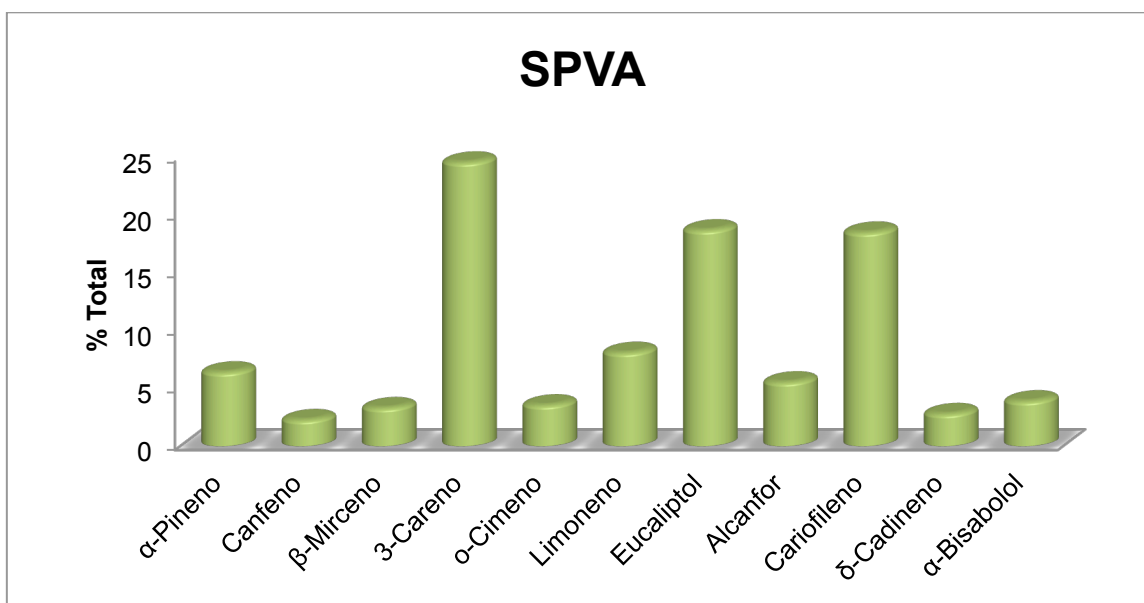
SMVA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pineno	4.492	67.36	13.416
2	Canfeno	4.81	27.96	5.569
3	β -Pineno	5.464	18.81	3.747
4	β -Mirceno	5.731	6.77	1.349
5	Limoneno	6.909	99.21	19.76
6	Eucaliptol	6.987	54.14	10.783
7	Alcanfor	11.399	100	19.918
8	Acetato de borneol	18.324	10.84	2.159
9	Cariofileno	21.945	86.76	17.281
10	δ -Cadineno	23.769	11.14	2.219
11	tau-Cadinol	25.515	6.27	1.249
12	α -Bisabolol	25.618	12.8	2.549

**Figura 50.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia munzii* en verano

En la caracterización del aceite esencial de *S. munzii* en verano se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor 20%, limoneno 20% y cariofileno 17% del contenido total de aceite.

*Salvia pachyphylla***Tabla 19.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en verano

SPVA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pineno	4.483	26.06	6.412
2	Canfeno	4.81	9.27	2.28
3	β -Mirceno	5.731	13.49	3.319
4	3-Careno	6.35	100	24.604
5	o-Cimeno	6.763	14.46	3.557
6	Limoneno	6.892	32.95	8.108
7	Eucaliptol	6.995	76.11	18.726
8	Alcanfor	11.356	22.56	5.551
9	Cariofileno	21.954	75.3	18.528
10	δ -Cadineno	23.769	11.4	2.805
11	α -Bisabolol	25.98	15.88	3.908

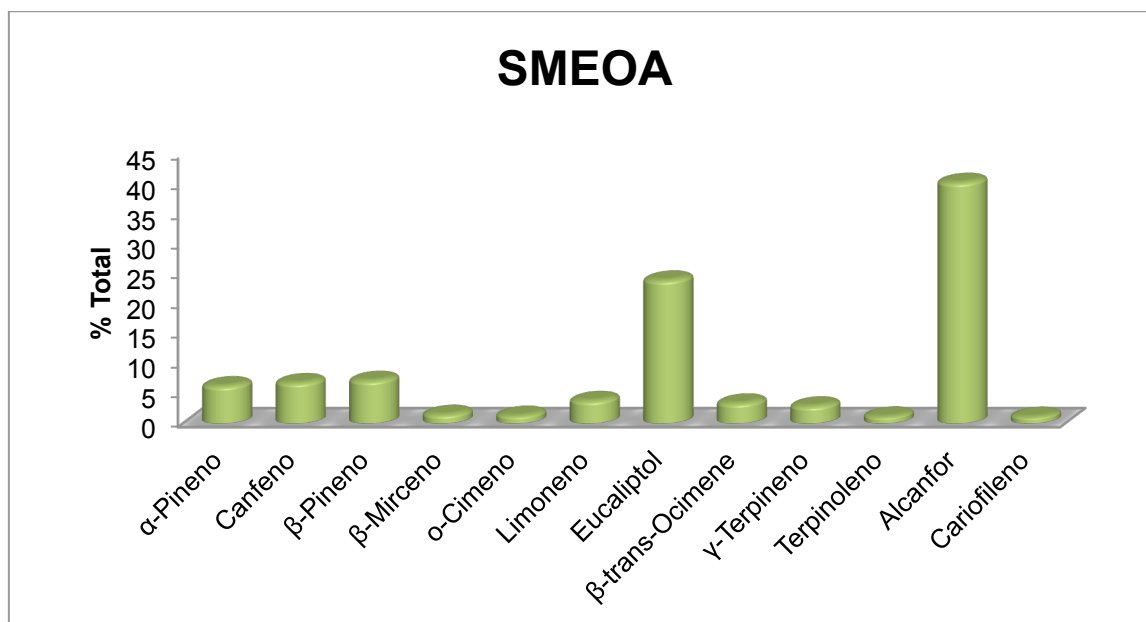
**Figura 51.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en verano

En la caracterización del aceite esencial de *S. pachyphylla* en verano se pudieron identificar 11 metabolitos principales, destacando entre ellos: 3-careno 25%, eucaliptol 19% y cariofileno 19% del contenido total de aceite.

OTOÑO

*Salvia mellifera***Tabla 20.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en otoño

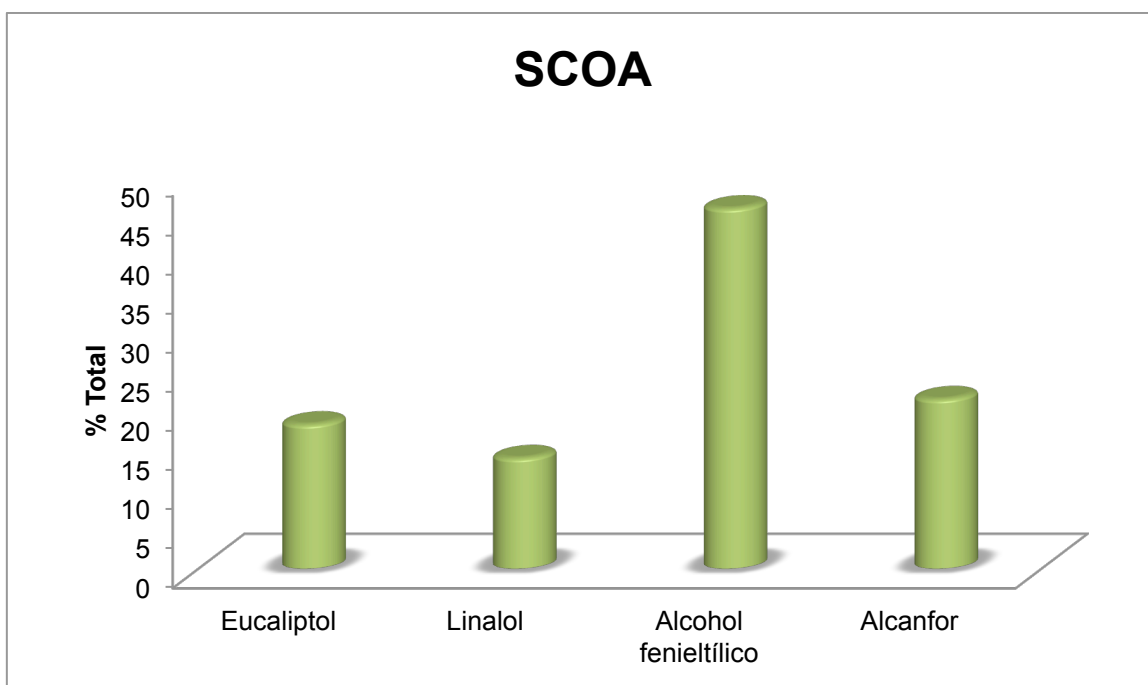
SMEOA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.483	15.58	6.296
2	Canfeno	4.81	16.88	6.821
3	β -Pinoeno	5.455	17.79	7.191
4	β -Mirceno	5.722	3.7	1.495
5	α -Cimeno	6.746	3.25	1.315
6	Limoneno	6.883	9.47	3.826
7	Eucaliptol	6.995	59.44	24.023
8	β - <i>trans</i> -ocimeno	7.124	8.4	3.396
9	γ -Terpineno	7.872	7.21	2.915
10	Terpinoleno	8.973	2.9	1.172
11	Alcanfor	11.451	100	40.417
12	Cariofileno	21.919	2.8	1.134

**Figura 52.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en otoño

En la caracterización del aceite esencial de *S. mellifera* en otoño se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor 40%, eucaliptol 24% y β -Pinoeno 7% del contenido total de aceite.

*Salvia clevelandii***Tabla 21.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en otoño

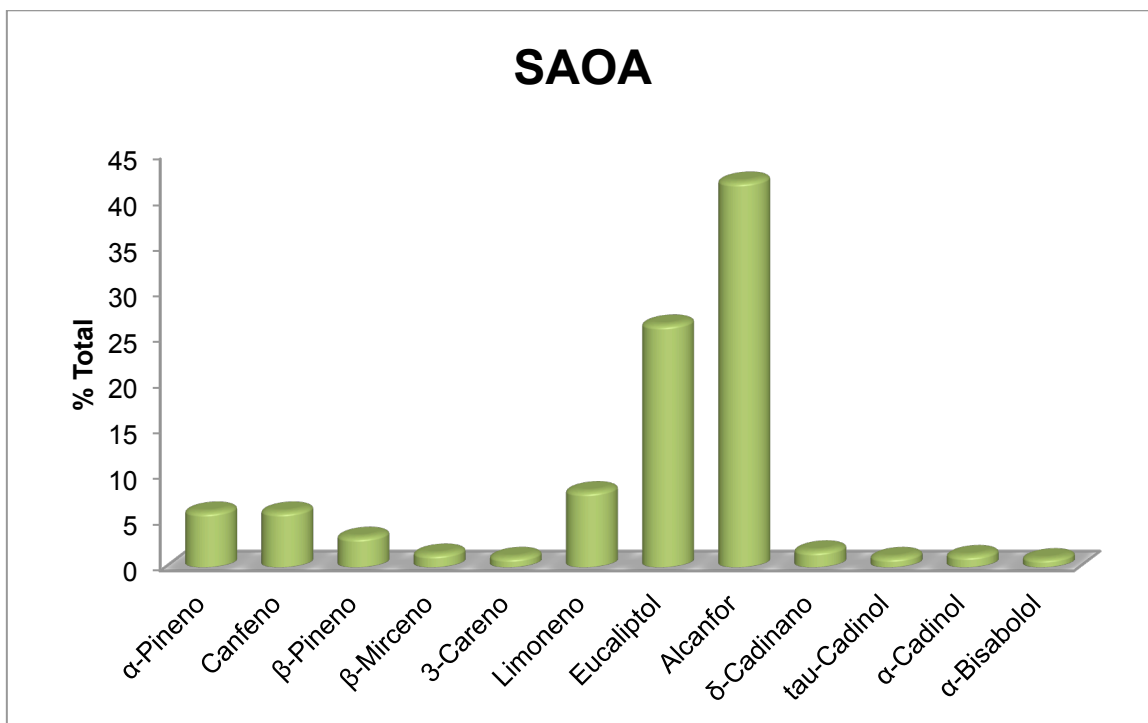
SCOA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	Eucaliptol	6.969	40.03	18.38
2	Linalol	9.412	30.69	14.092
3	Alcohol feniletílico	10.032	100	45.92
4	Alcanfor	11.348	47.06	21.608

**Figura 53.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en otoño

En la caracterización del aceite esencial de *S. clevelandii* en otoño se pudieron identificar 4 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcohol feniletílico 46%, alcanfor 22% y eucaliptol 18% del contenido total de aceite.

*Salvia apiana***Tabla 22.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en otoño

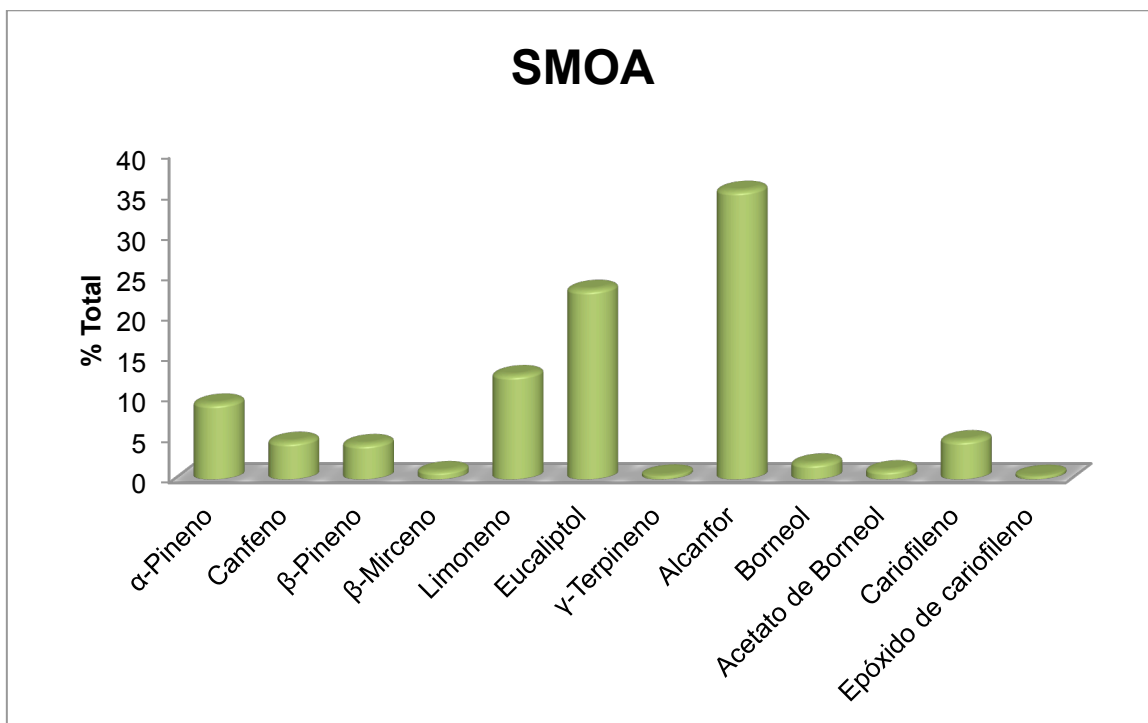
SAOA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.483	14.39	6.056
2	Canfeno	4.81	14.39	6.057
3	β -Pinoeno	5.455	7.85	3.304
4	β -Mirceno	5.722	3.49	1.468
5	3-Careno	6.324	2.63	1.105
6	Limoneno	6.909	19.67	8.276
7	Eucaliptol	6.995	62.92	26.48
8	Alcanfor	11.442	100	42.085
9	δ -Cadinano	23.769	4.31	1.815
10	tau-Cadinol	25.463	2.61	1.098
11	α -Cadinol	25.644	3.11	1.308
12	α -Bisabolol	25.971	2.26	0.949

**Figura 52.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en otoño

En la caracterización del aceite esencial de *S. apiana* en otoño se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor 42%, eucaliptol 26% y limoneno 8% del contenido total de aceite.

*Salvia munzii***Tabla 23.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia munzii* en otoño

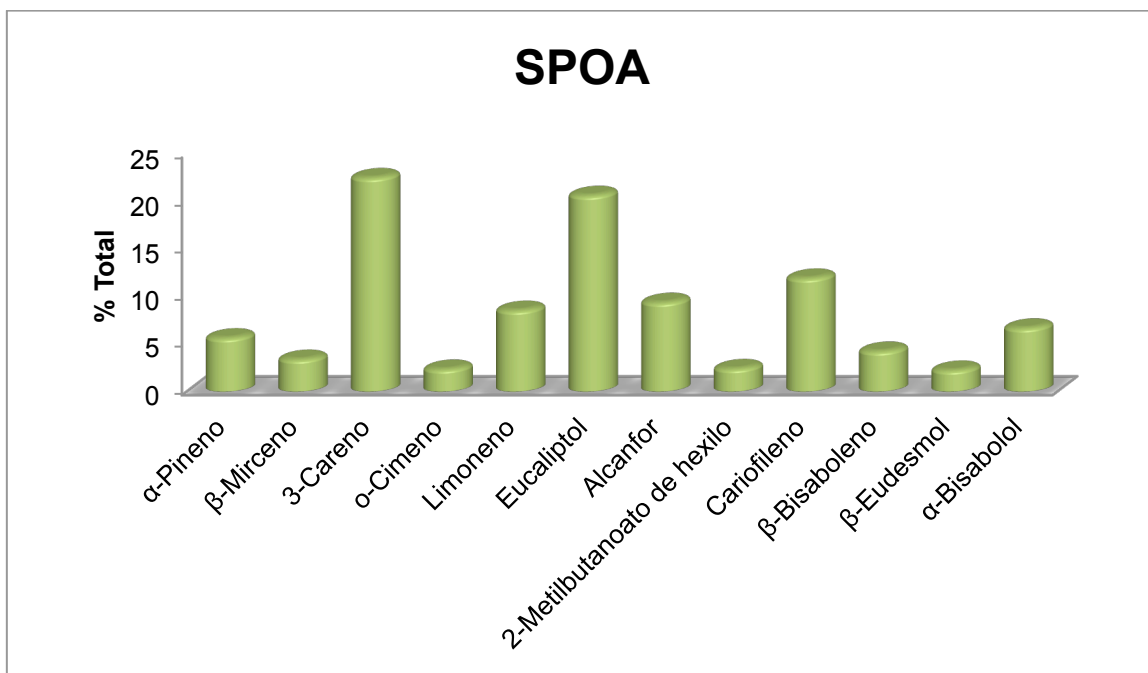
SMOA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pineno	4.483	26.28	9.342
2	Canfeno	4.81	13.04	4.635
3	β -Pineno	5.455	12.26	4.359
4	β -Mirceno	5.722	2.83	1.007
5	Limoneno	6.9	36.13	12.847
6	Eucaliptol	7.004	65.69	23.356
7	γ -Terpineno	7.872	1.44	0.513
8	Alcanfor	11.442	100	35.554
9	Borneol	12.337	5.54	1.971
10	Acetato de borneol	18.315	3.14	1.117
11	Cariofileno	21.928	13.58	4.83
12	Epóxido de cariofileno	24.698	1.32	0.469

**Figura 55.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia munzii* en otoño

En la caracterización del aceite esencial de *S. munzii* en otoño se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: alcanfor 36%, eucaliptol 23% y limoneno 13% del contenido total de aceite.

*Salvia pachyphylla***Tabla 24.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en otoño

SPOA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.483	25.06	5.642
2	β -Mirceno	5.731	15.07	3.392
3	3-Careno	6.35	100	22.514
4	<i>o</i> -Cimeno	6.771	10.45	2.353
5	Limoneno	6.892	37.97	8.549
6	Eucaliptol	6.995	91.69	20.643
7	Alcanfor	11.365	41.69	9.386
8	2-Metilbutanoato de hexilo	15.993	10.7	2.409
9	Cariofileno	21.937	52.99	11.931
10	β -Bisaboleno	23.519	18.87	4.248
11	β -Eudesmol	25.61	9.98	2.247
12	α -Bisabolol	25.98	29.7	6.687

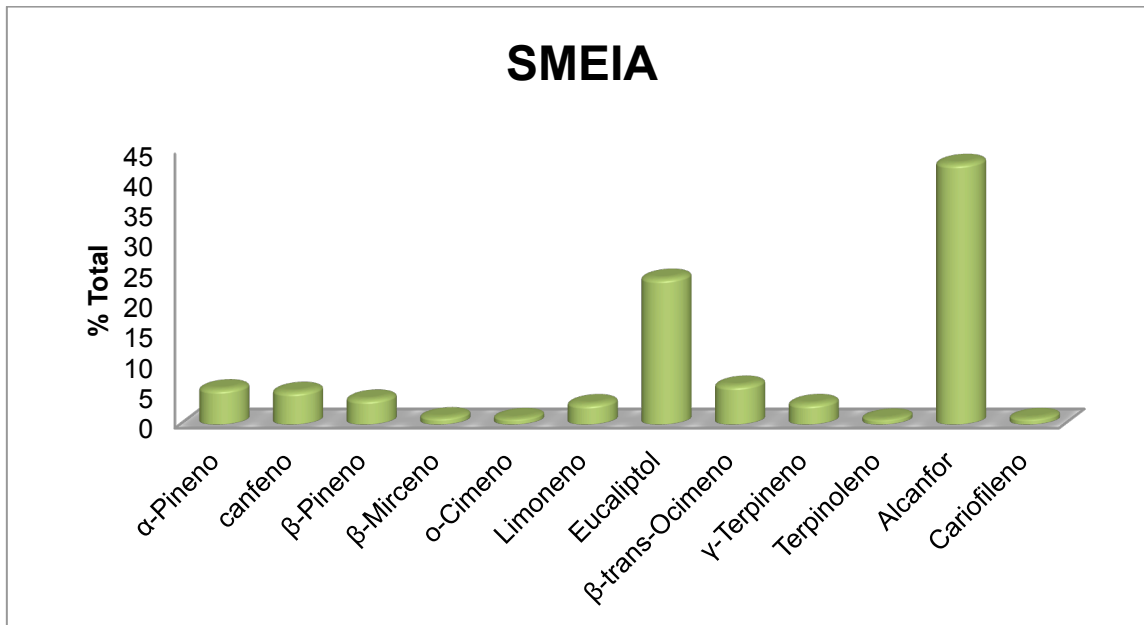
**Figura 56.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en otoño

En la caracterización del aceite esencial de *S. pachyphylla* en otoño se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos: 3-careno 23%, eucaliptol 21% y cariofileno 12% del contenido total de aceite.

INVIERNO

*Salvia mellifera***Tabla 25.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en invierno

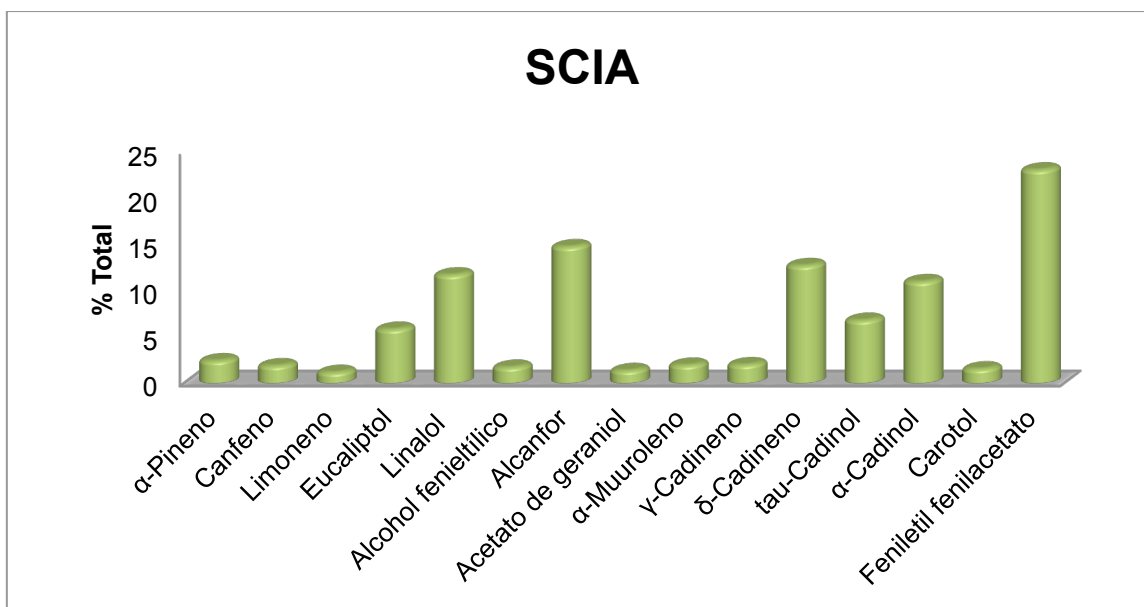
SMEIA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pino	4.492	13.55	5.802
2	Canfeno	4.819	13.78	5.3899
3	β -Pino	5.473	9.64	4.127
4	β -Mirceno	5.739	2.77	1.184
5	o-Cimeno	6.763	2.44	1.044
6	Limoneno	6.901	7.87	3.37
7	Eucaliptol	6.995	55.97	23.959
8	β -trans-ocimeno	7.133	14.96	6.405
9	γ -Terpineno	7.89	7.92	3.39
10	Terpinoleno	8.991	2.22	0.952
11	Alcanfor	11.442	100	42.809
12	Cariofileno	21.937	2.47	1.058

**Figura 55.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mellifera* en invierno

En la caracterización del aceite esencial de *S. mellifera* en invierno se pudieron identificar 12 metabolitos principales, destacando entre ellos alcanfor 43%, eucaliptol 24% y β -trans-ocimeno 6% del contenido total de aceite.

*Salvia clevelandii***Tabla 26.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en invierno

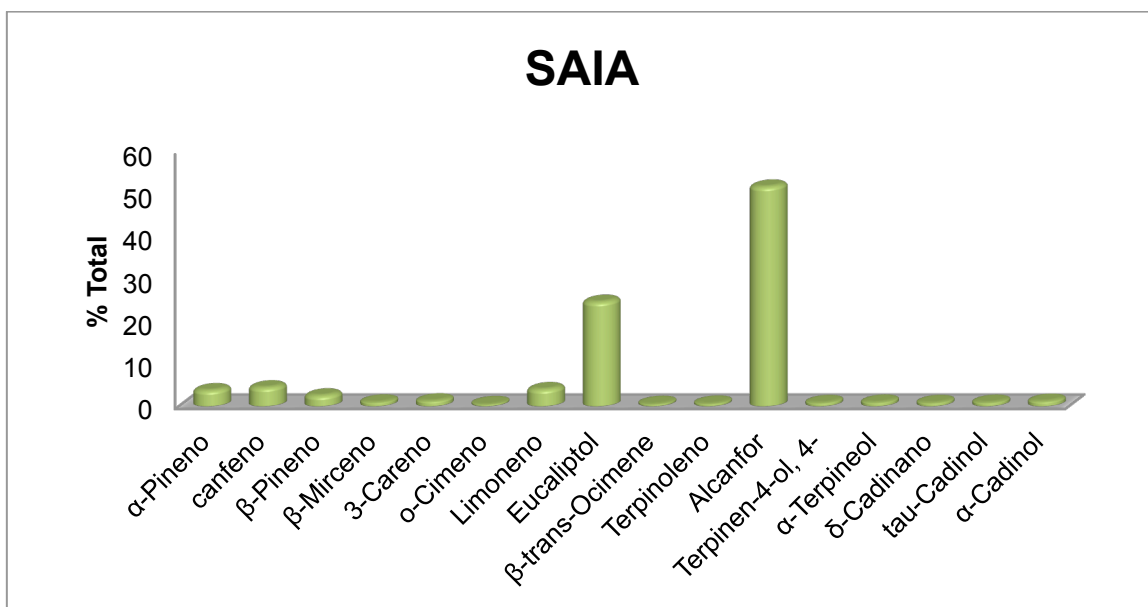
SCIA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinenos	4.483	10.52	2.427
2	Canfeno	4.819	8.17	1.885
3	Limoneno	6.892	5.05	1.165
4	Eucaliptol	6.978	25.29	5.838
5	Linalol	9.447	50.79	11.721
7	Alcohol feniletílico	9.98	7.49	1.727
8	Alcanfor	11.382	63.98	14.767
9	Acetato de geraniol	21.18	5.93	1.368
10	α -Muuroleno	23.416	8.42	1.944
11	γ -Cadineno	23.64	8.67	2
13	δ -Cadineno	23.786	55.15	12.729
14	tau-Cadinol	25.498	29.5	6.808
15	α -Cadinol	25.67	47.63	10.992
16	Carotol	26.152	6.71	1.549
17	Feniletíl fenilacetato	28.62	100	23.079

**Figura 58.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en invierno

En la caracterización del aceite esencial de *S. clevelandii* en invierno se pudieron identificar 17 metabolitos principales, destacando entre ellos feniletíl fenilacetato 23%, alcanfor 15% y δ -cadineno 13% del contenido total de aceite.

*Salvia apiana***Tabla 27.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en invierno

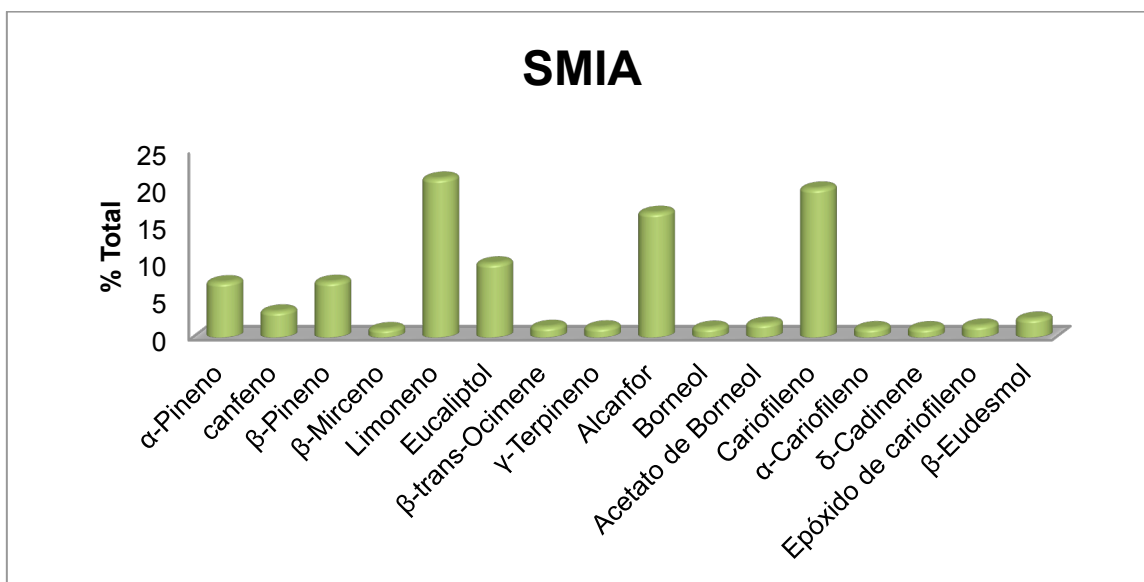
SAIA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pineno	4.491	7.28	3.768
2	Canfeno	4.818	8.58	4.437
3	β -Pineno	5.472	4.92	2.546
4	β -Mirceno	5.739	1.92	0.995
5	3-Careno	6.341	2.51	1.299
6	o-Cimeno	6.762	1	0.52
7	Limoneno	6.917	7.76	4.016
8	Eucaliptol	7.012	47.56	24.606
9	β -trans-ocimeno	7.132	1.12	0.58
10	Terpinoleno	8.999	1.29	0.67
11	Alcanfor	11.468	100	51.739
12	Terpinen-4-ol, 4-terpineol	12.921	1.64	0.849
13	α -Terpineol	13.584	1.86	0.965
14	δ -Cadinano	23.786	1.67	0.864
15	tau-Cadinol	25.489	1.79	0.927
16	α -Cadinol	25.67	2.36	1.22

**Figura 59.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia apiana* en invierno

En la caracterización del aceite esencial de *S. apiana* en invierno se pudieron identificar 16 metabolitos principales, destacando entre ellos alcanfor 52%, eucaliptol 25% y limoneno 4% del contenido total de aceite.

*Salvia munzii***Tabla 28.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia munzii* en invierno

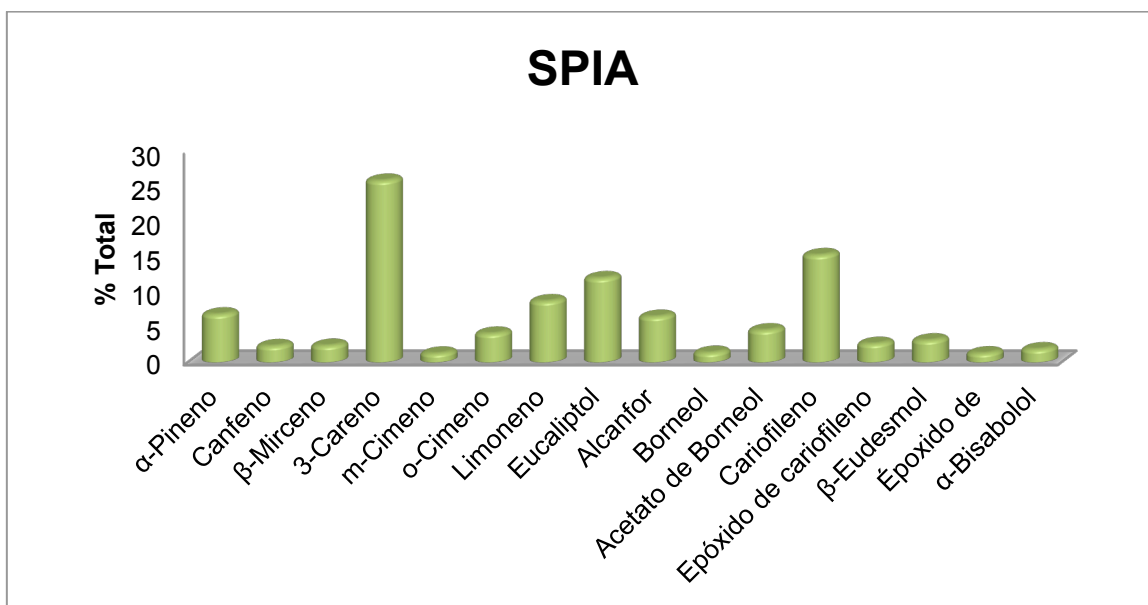
SMIA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.491	34.77	7.407
2	Canfeno	4.818	16.42	3.499
3	β -Pinoeno	5.472	35.05	7.468
4	β -Mirceno	5.739	5.26	1.121
5	Limoneno	6.917	100	21.306
6	Eucaliptol	6.995	46.64	9.937
7	β -trans-ocimeno	7.132	6.72	1.432
8	γ -Terpineno	7.889	6.37	1.356
9	Alcanfor	11.399	78.46	16.716
10	Borneol	12.362	6.17	1.314
11	Acetato de borneol	18.341	8.69	1.852
12	Cariofileno	21.971	93.72	19.968
13	α -Cariofileno	22.607	5.87	1.251
14	δ -Cadineno	23.786	5.83	1.242
15	Epóxido de cariofileno	24.723	7.51	1.6
16	β -Eudesmol	25.635	11.87	2.529

**Figura 60.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia munzii* en invierno

En la caracterización del aceite esencial de *S. munzii* en invierno se pudieron identificar 16 metabolitos principales, destacando entre ellos limoneno 21%, cariofileno 20% y alcanfor 17% del contenido total de aceite.

*Salvia pachyphylla***Tabla 29.-** Principales compuestos del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en invierno

SPIA	Identificación	T.R.	% C.M.	% Total
1	α -Pinoeno	4.492	26.41	6.824
2	Canfeno	4.818	9	2.325
3	β -Mirceno	5.739	9.2	2.377
4	3-Careno	6.367	100	25.835
5	m-Cimeno	6.676	4.86	1.256
6	o-Cimeno	6.771	15.84	4.092
7	Limoneno	6.909	33.65	8.695
8	Eucaliptol	6.995	46.35	11.975
9	Alcanfor	11.382	25.13	6.492
10	Borneol	12.362	5.33	1.376
11	Acetato de borneol	18.349	17.66	4.563
12	Cariofileno	21.962	59.05	15.255
13	Epóxido de cariofileno	24.723	10.23	2.643
14	β -Eudesmol	25.635	12.14	3.135
15	Époxido de isoaromadendreno	25.713	4.99	1.289
16	α -Bisabolol	25.997	7.23	1.868

**Figura 61.-** Gráfica principales compuestos del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en invierno

En la caracterización del aceite esencial de *S. pachyphylla* en invierno se pudieron identificar 16 metabolitos principales, destacando entre ellos 3-careno 26%, cariofileno 15% y eucaliptol 12% del contenido total de aceite.

En la estación primavera, el componente mayoritario para las especies: *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. munzii* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: feniletíl fenilacetato y *S. pachyphylla*: 3-careno. El segundo componente mas abundante para las especies *S. mellifera*, *S. apiana*, *S. munzii* y *S. pachyphylla* es eucaliptol y para *S. clevelandii*: alcanfor.

En la estación verano, el componente mayoritario para las especies: *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. munzii* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: feniletíl fenilacetato y *S. pachyphylla*: 3-careno. El segundo componente mas abundante para las especies *S. mellifera*, *S. apiana*, y *S. pachyphylla* es eucaliptol, para *S. clevelandii* y *S. munzii*: limoneno.

En la estación otoño, el componente mayoritario para las especies: *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. munzii* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: alcohol feniletílico y para *S. pachyphylla*: 3-careno. El segundo componente mas abundante para las especies *S. mellifera*, *S. apiana*, *S. munzii* y *S. pachyphylla* es eucaliptol y para *S. clevelandii*: alcanfor.

En la estación invierno, el componente mayoritario para las especies *S. mellifera* y *S. apiana* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: feniletíl fenilacetato, *S. munzii*: limoneno, *S. pachyphylla*: 3-careno. El segundo componente mas abundante para las especies *S. mellifera* y *S. apiana* es eucaliptol, para *S. clevelandii*: alcanfor, *S. munzii* y *S. pachyphylla*: cariofileno.

RESULTADOS DE TERPENOS MAYORITARIOS POR ESPECIE

Los terpenos predominantes por cantidad en cada especie de salvia se pudieron apreciar en las cuatro estaciones analizadas, se tomó el porcentaje de compuesto total del análisis de caracterización y se compararon los valores de cada estación.

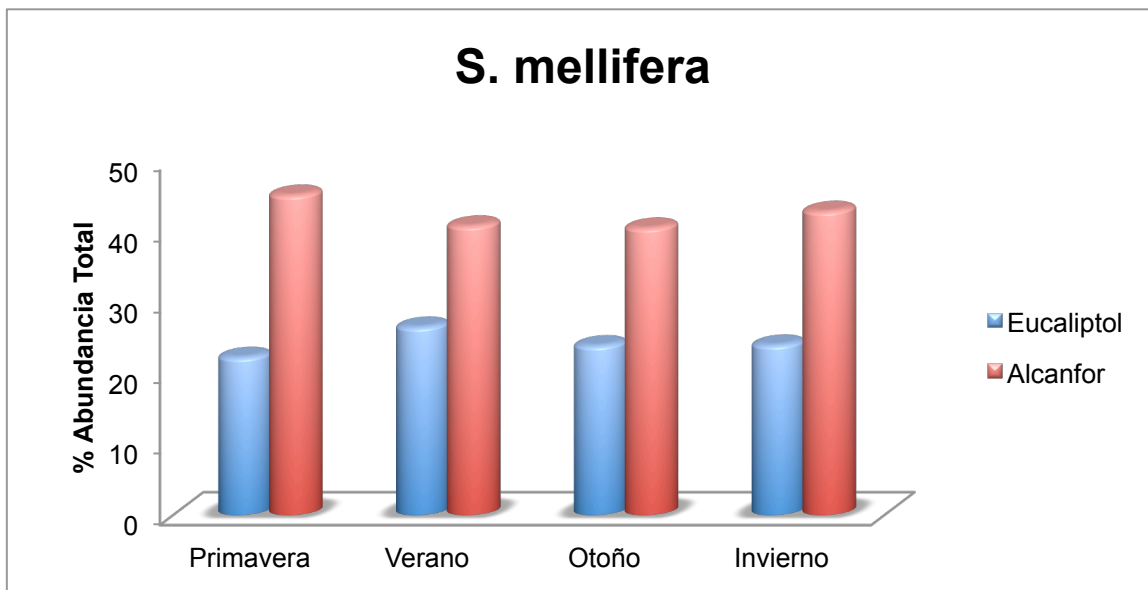


Figura 62.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de *Salvia mellifera* en las cuatro estaciones

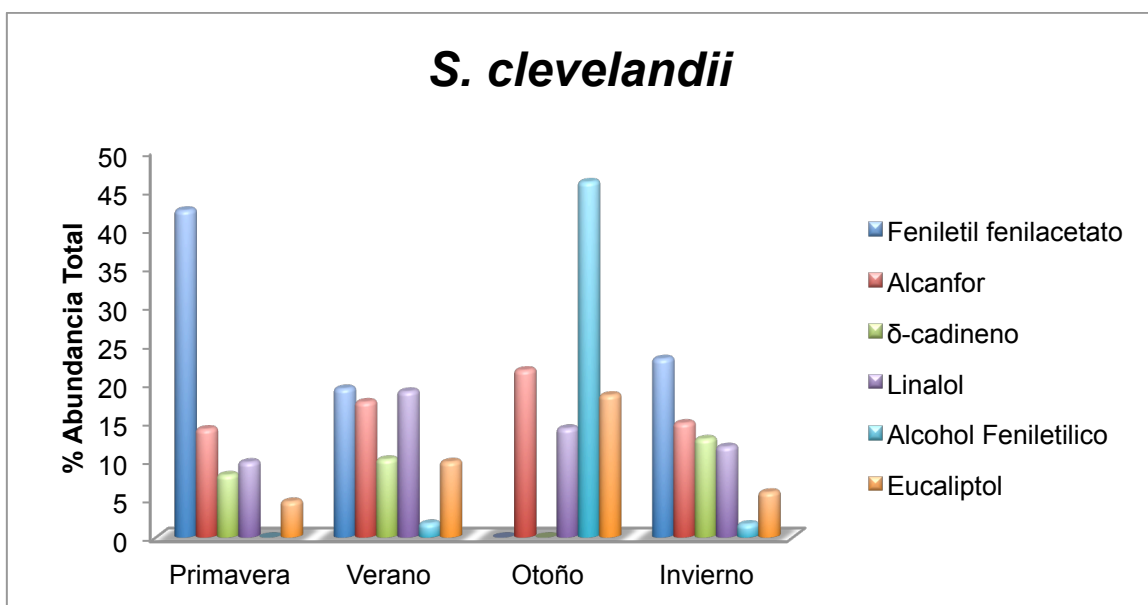


Figura 63.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de *Salvia clevelandii* en las cuatro estaciones

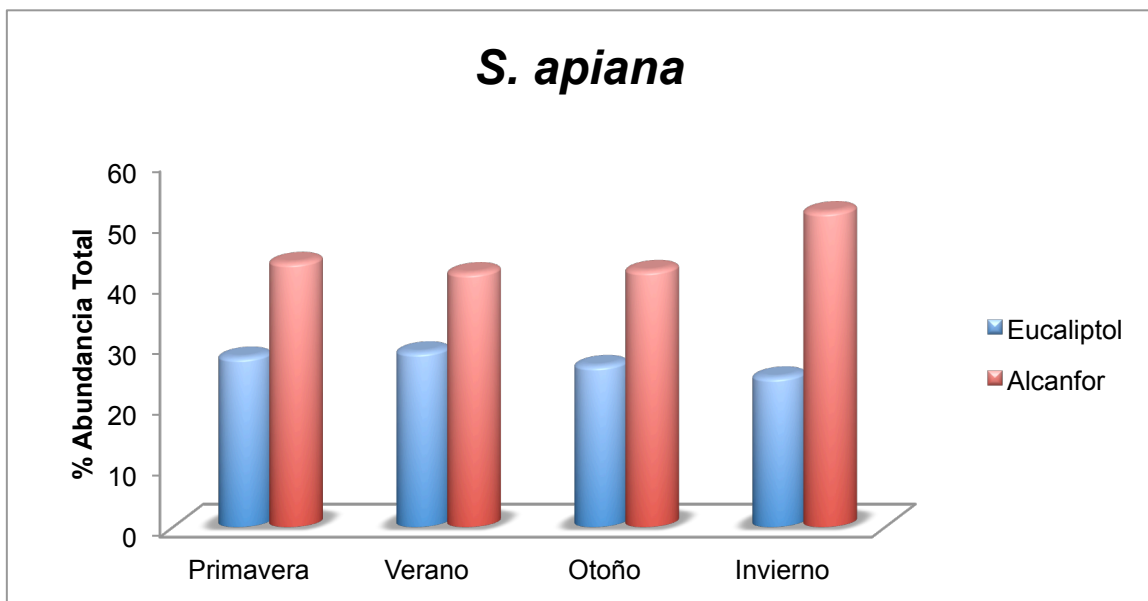


Figura 64.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de *Salvia apiana* en las cuatro estaciones

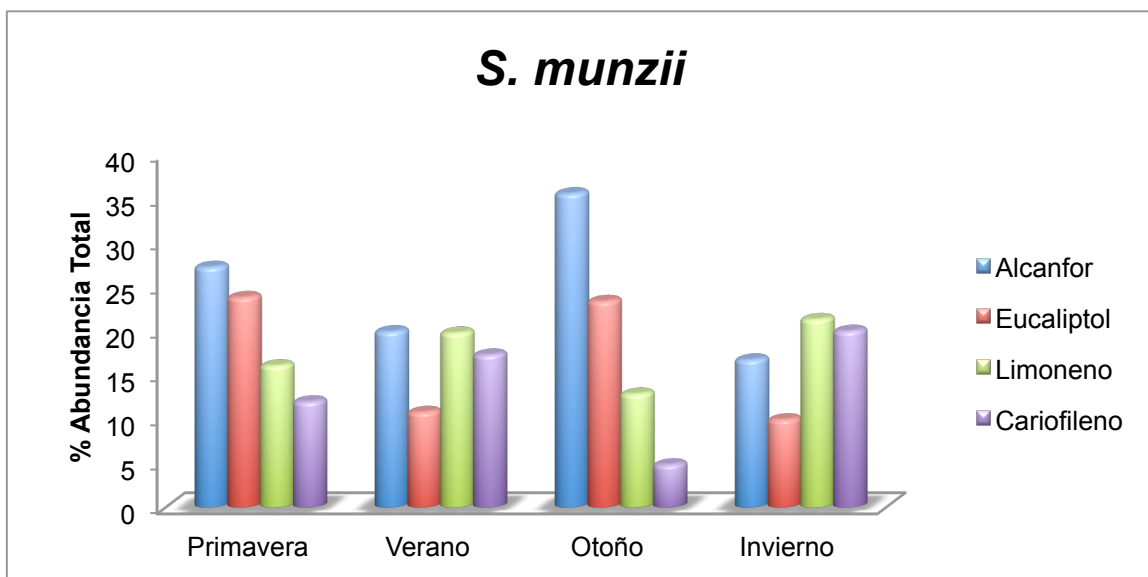


Figura 65.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de *Salvia munzii* en las cuatro estaciones

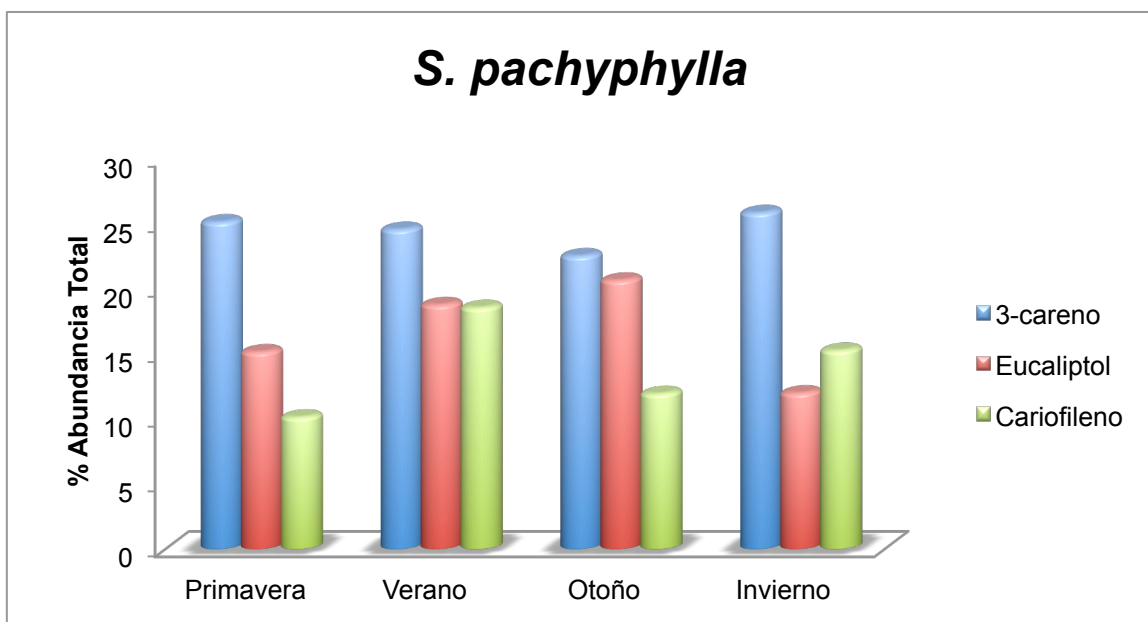


Figura 66.- Gráfica de compuestos mayoritarios del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* en las cuatro estaciones

Los metabolitos secundarios mayoritarios para la especie *S. mellifera* durante las cuatro estaciones evaluadas, representados en la figura 62, son: alcanfor y eucaliptol, manteniendo siempre una relación de abundancia con respecto al total de muestra analizada en el orden mencionados: 40-45% para alcanfor y 22-26% para eucaliptol (Tabla 30).

En la especie *S. clevelandii* se monitoreó la abundancia de seis metabolitos: feniletíl fenilacetato, alcohol feniletílico, alcanfor, δ -cadineno, linalol y eucaliptol, como se muestra en la figura 63, los compuestos sobresalientes son: feniletíl fenilacetato en primavera y alcohol feniletílico en otoño. Dichos datos nos sugieren una reducción del primer compuesto (feniletíl fenilacetato) al segundo (alcohol feniletílico), ambos con porcentajes del total de muestra analizada son cercanos, en sus estaciones predominantes: 42% para feniletíl fenilacetato en primavera y 45% para alcohol feniletílico en otoño (Tabla 30).

La especie *S. apiana* durante las cuatro estaciones presenta dos metabolitos mayoritarios con la misma relación de abundancia, como se muestra en la figura 64, el compuesto más abundante es alcanfor con porcentajes del total de muestra de 42-52%, seguido de eucaliptol con 25-29% (Tabla 30).

En el análisis estacional de la especie *S. munzii* se identificaron cuatro metabolitos mayoritarios, como se muestra en la figura 65 son: alcanfor, eucaliptol, limoneno y cariofileno. En las estaciones primavera, verano y otoño el metabolito predominante es alcanfor, teniendo su mayor porcentaje de muestra total en otoño con 36%, en la estación invierno el metabolito mayoritario es limoneno con 21% y 20% en verano igualando el porcentaje de alcanfor en esta estación (Tabla 30).

Se lograron identificar tres compuestos mayoritarios para la especie *S. pachyphylla*: 3-careno, eucaliptol y cariofileno. Como se muestra en la figura 66, 3-careno es el más abundante con porcentajes constantes durante las cuatro estaciones de 23-26% de la muestra total analizada (Tabla 30).

Tabla 30.- Porcentajes de abundancia en los principales compuestos de aceites esenciales de las cinco especies de *Salvia* analizadas por estación.

Compuestos mayoritarios de los aceites esenciales durante los cuatro periodos estacionales (%)				
Especies de <i>Salvia</i>	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
<i>S. mellifera</i>	Eucaliptol (22)	Eucaliptol (26)	Eucaliptol (24)	Eucaliptol (24)
	Alcanfor (45)	Alcanfor (41)	Alcanfor (40)	Alcanfor (43)
<i>S. apiana</i>	Eucaliptol (28)	Eucaliptol (29)	Eucaliptol (26)	Eucaliptol (25)
	Alcanfor (43)	Alcanfor (42)	Alcanfor (42)	Alcanfor (52)
<i>S. clevelandii</i>	Feniletil fenilacetato (42)	Feniletil fenilacetato (19)	Feniletil fenilacetato (0)	Feniletil fenilacetato (23)
	Alcanfor (14)	Alcanfor (18)	Alcanfor (22)	Alcanfor (15)
	δ-cadineno (8)	δ-cadineno (10)	δ-cadineno (0)	δ-cadineno (13)
	Linalol (10)	Linalol (19)	Linalol (14)	Linalol (12)
	Alcohol feniletílico (0)	Alcohol feniletílico (2)	Alcohol feniletílico (46)	Alcohol feniletílico (2)
	Eucaliptol (5)	Eucaliptol (10)	Eucaliptol (18)	Eucaliptol (6)
<i>S. munzii</i>	Alcanfor (27)	Alcanfor (20)	Alcanfor (36)	Alcanfor (17)
	Eucaliptol (24)	Eucaliptol (11)	Eucaliptol (23)	Eucaliptol (10)
	Limoneno (16)	Limoneno (20)	Limoneno (13)	Limoneno (21)
	Cariofileno (12)	Cariofileno (17)	Cariofileno (5)	Cariofileno (20)
<i>S. pachyphylla</i>	3-careno (25)	3-careno (25)	3-careno (23)	3-careno (26)
	Eucaliptol (15)	Eucaliptol (19)	Eucaliptol (21)	Eucaliptol (12)
	Cariofileno (10)	Cariofileno (19)	Cariofileno (12)	Cariofileno (15)

RESULTADOS DE VARIACIÓN DE TERPENOS POR ESTACIÓN

Los diferentes terpenos identificados en los aceites esenciales por estación se separaron en monoterpenos hidrocarbonados, monoterpenos oxigenados, sesquiterpenos hidrocarbonados y sesquiterpenos oxigenados. Obteniendo así el porcentaje para cada una de las divisiones.

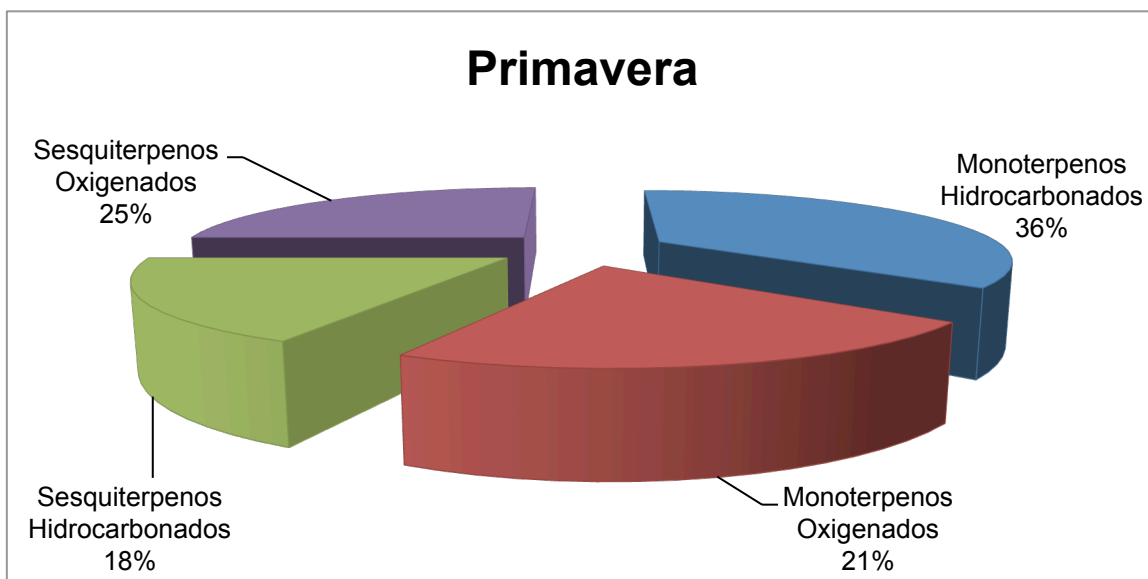


Figura 67.- Gráfica porcentaje de terpenos en primavera

En la estación primavera se pudieron identificar 18 compuestos entre las cinco especies analizadas (Tabla 31), los monoterpenos hidrocarbonados son los componentes predominantes con un 36% de abundancia, seguidos por sesquiterpenos oxigenados con 25%, monoterpenos oxigenados con 21% y sesquiterpenos hidrocarbonados 18%.

Tabla 31.- División de terpenos en la estación primavera

MTH	MTO	STH	STO
α -Pino	Eucaliptol	Cariofileno	β -Eudesmol
canfeno	Alcanfor	α -Cariofileno	α -Bisabolol
β -Pino	Borneol	δ -Cadineno	tau-Cadinol
β -Mirceno	Butanoato de 2-metil-hexilo	β -Bisaboleno	α -Cadinol
Limoneno	Acetato de Borneol	γ -Cadineno	Feniletil fenilacetato
β -trans-Ocimeno	Linalol	α -Muuroleno	
3-Careno		δ -Cadinano	
o-Cimeno			
β -cis-Ocimeno			
γ -Terpineno			

*MTH: monoterpeno hidrocarbonado, *MTO: monoterpeno oxigenado, *STH: sesquiterpeno hidrocarbonado, *STO: sesquiterpeno oxigenado.

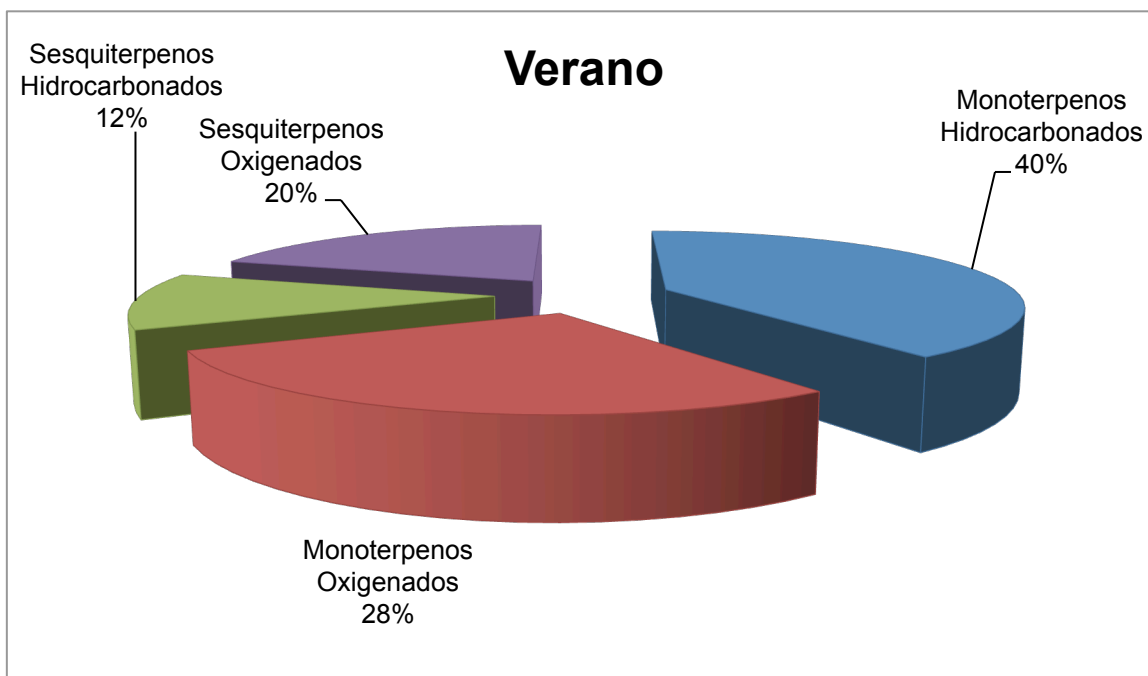


Figura 68.- Gráfica porcentaje de terpenos en verano

En verano se pudieron identificar 25 compuestos entre las cinco especies analizadas (Tabla 32), los monoterpenos hidrocarbonados son los componentes predominantes con un 40% de abundancia, seguidos por monoterpenos oxigenados con 28%, sesquiterpenos oxigenados 20% y sesquiterpenos hidrocarbonados 12%.

Tabla 32.- División de terpenos en la estación verano

MTH	MTO	STH	STO
α -Pino	Eucaliptol	Cariofileno	tau-Cadinol
Canfeno	Alcanfor	δ -Cadineno	α -Bisabolol
β -Pino	Linalol	δ -Cadinano	α -Cadinol
3-Careno	Alcohol feniletílico		Carotol
o-Cimeno	Acetato de geraniol		Fenilacetato de feniletilo
Limoneno	α -Terpineol		
β -trans-Ocimeno			
γ -Terpineno			
Terpinoleno			
β -Mirceno			

*MTH: monoterpeno hidrocarbonado, *MTO: monoterpeno oxigenado, *STH: sesquiterpeno hidrocarbonado, *STO: sesquiterpeno oxigenado.

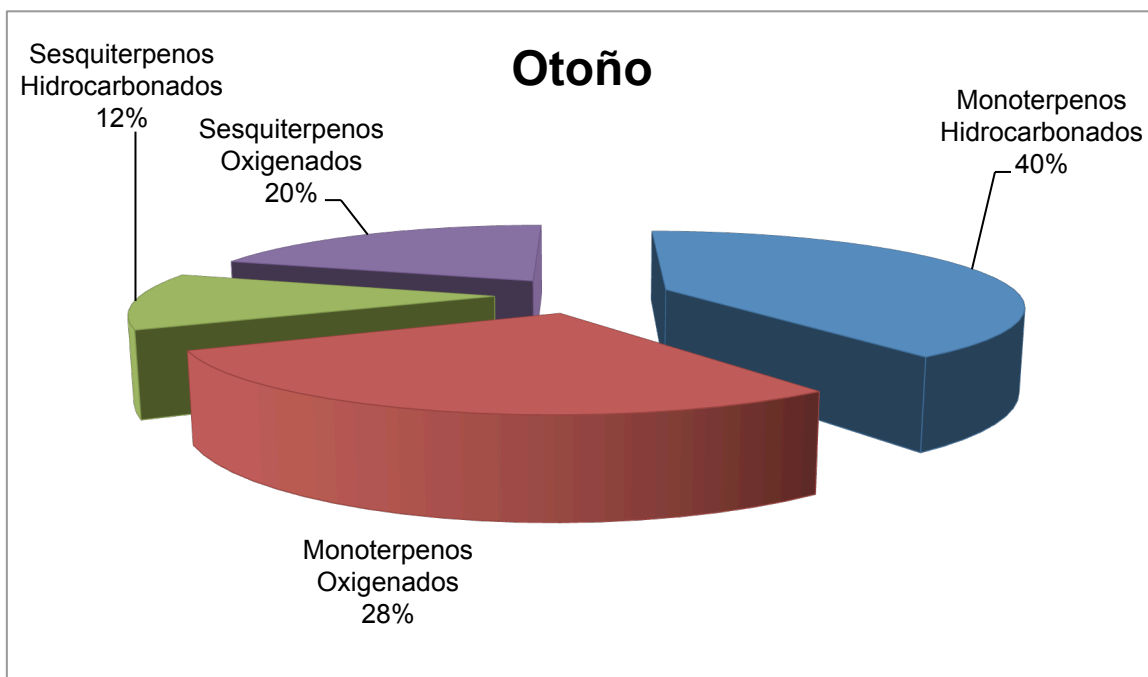


Figura 69.- Gráfica porcentaje de terpenos en otoño

En otoño se pudieron identificar 25 compuestos entre las cinco especies analizadas (Tabla 33), los monoterpenos hidrocarbonados son los componentes predominantes con un 40% de abundancia, seguidos por monoterpenos oxigenados con 28%, sesquiterpenos oxigenados 20% y sesquiterpenos hidrocarbonados 12%.

Tabla 33.- División de terpenos en la estación otoño

MTH	MTO	STH	STO
α -Pinoeno	Eucaliptol	Cariofileno	tau-Cadinol
Canfeno	Alcanfor	δ -Cadinano	α -Cadinol
β -Pinoeno	Linalol	β -Bisaboleno	α -Bisabolol
β -Mirceno	Alcohol feniletílico		Epóxido de cariofileno
o-Cimeno	Borneol		β -Eudesmol
Limoneno	Acetato de Borneol		
β - <i>trans</i> -Ocimeno	2-Metilbutanoato de hexilo		
γ -Terpineno			
Terpinoleno			
3-Careno			

*MTH: monoterpeno hidrocarbonado, *MTO: monoterpeno oxigenado, *STH: sesquiterpeno hidrocarbonado, *STO: sesquiterpeno oxigenado.

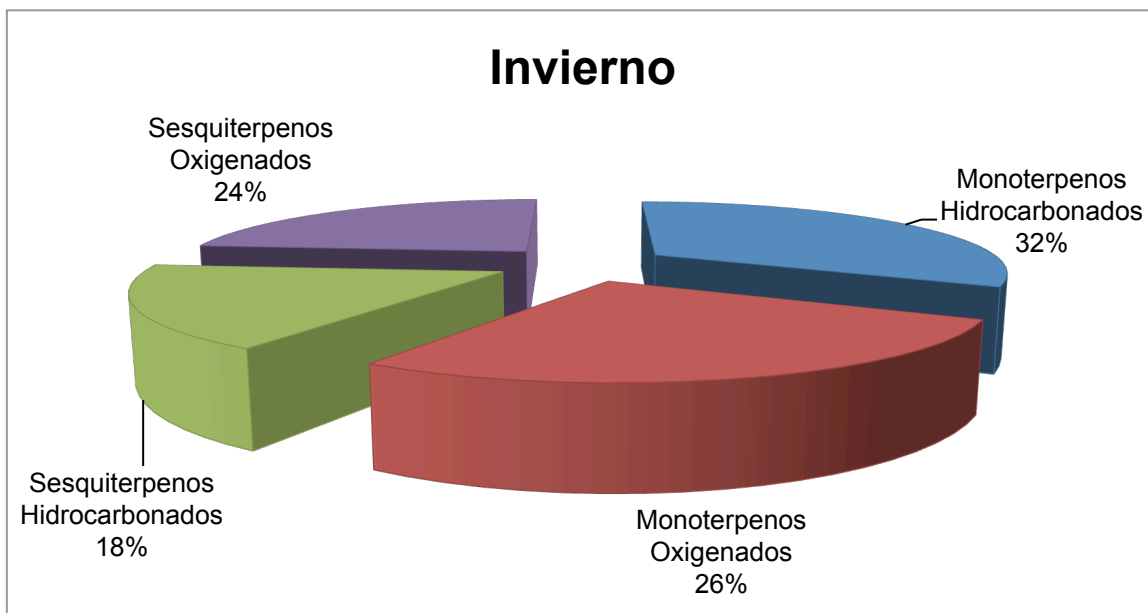


Figura 70.- Gráfica porcentaje de terpenos en invierno

En verano se pudieron identificar 34 compuestos entre las cinco especies analizadas (Tabla 34), los monoterpenos hidrocarbonados son los componentes predominantes con un 32% de abundancia, seguidos por monoterpenos oxigenados con 26%, sesquiterpenos oxigenados 24% y sesquiterpenos hidrocarbonados 18%.

Tabla 34.- División de terpenos en la estación invierno

MTH	MTO	STH	STO
α -Pino	Eucaliptol	Cariofileno	tau-Cadinol
canfeno	Alcanfor	α -Muurolo	α -Cadinol
β -Pino	Linalol	γ -Cadineno	Carotol
β -Mirceno	Alcohol feniletílico	δ -Cadineno	Feniletil fenilacetato
o-Cimeno	Acetato de geraniol	δ -Cadinano	Époxido de cariofileno
Limoneno	Terpinen-4-ol, 4-terpineol	α -Cariofileno	β -Eudesmol
β -trans-Ocimeno	α -Terpineol		Époxido de isoaromadendreno
γ -Terpineno	Borneol		α -Bisabolol
Terpinoleno	Acetato de Borneol		
3-Careno			
m-Cimeno			

*MTH: monoterpeno hidrocarbonado, *MTO: monoterpeno oxigenado, *STH: sesquiterpeno hidrocarbonado, *STO: sesquiterpeno oxigenado.

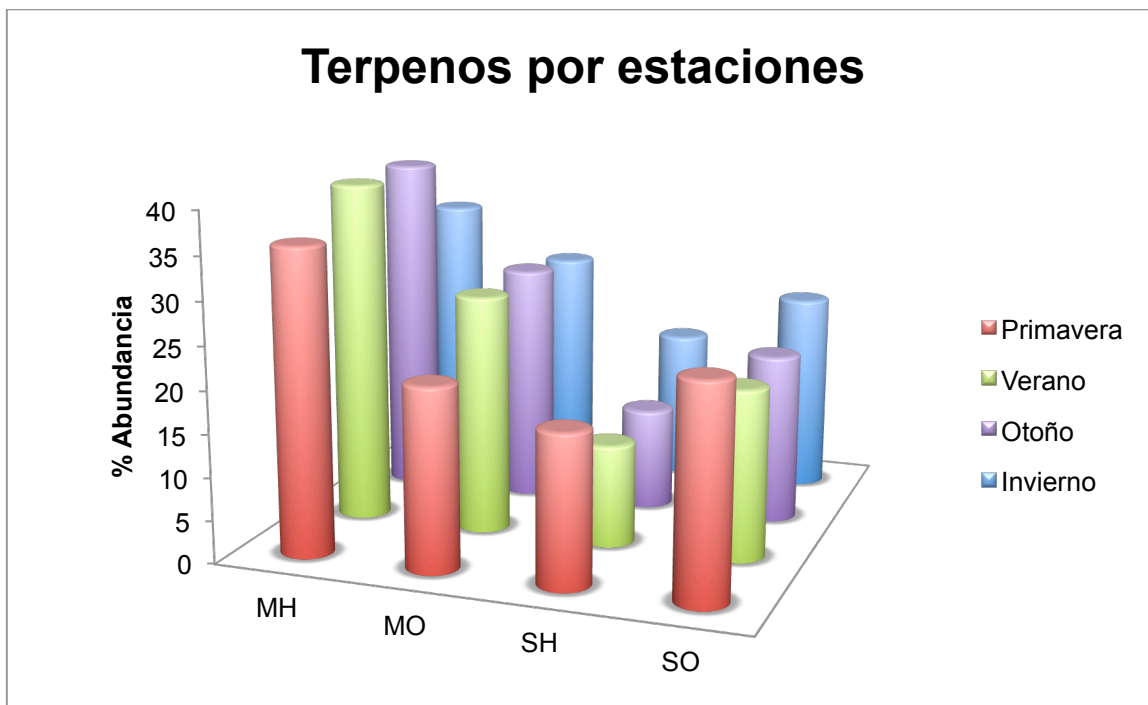
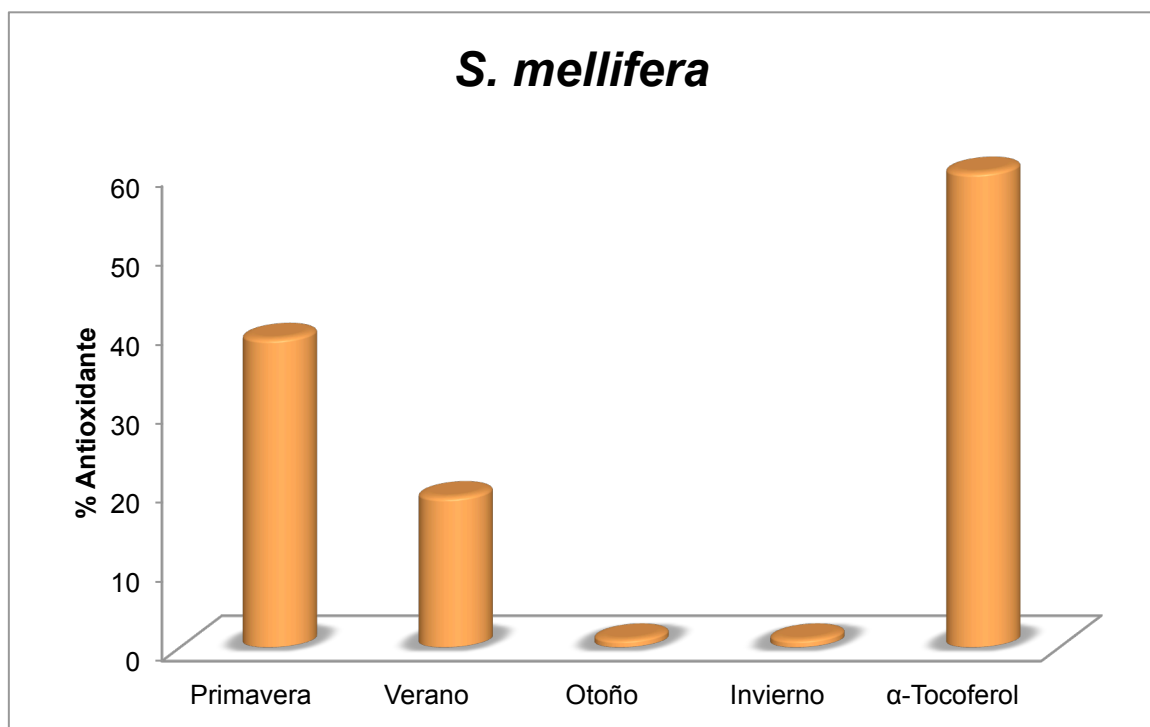


Figura 71.- Gráfica porcentaje de terpenos en las cuatro estaciones

El análisis comparativo de las cuatro estaciones con las divisiones de terpenos, muestra en la figura 71, que los terpenos mantienen la relación de abundancia en todas las estaciones, siendo los monoterpenos hidrocarbonados los más abundantes con porcentajes de 32-40%, monoterpenos oxigenados 21-28%, sesquiterpenos oxigenados 20-25% y sesquiterpenos hidrogenados 12-18%.

RESULTADOS DECOLORACIÓN OXIDATIVA DEL β -CAROTENO*Salvia mellifera***Tabla 35.-** Porcentaje antioxidante *S. mellifera*

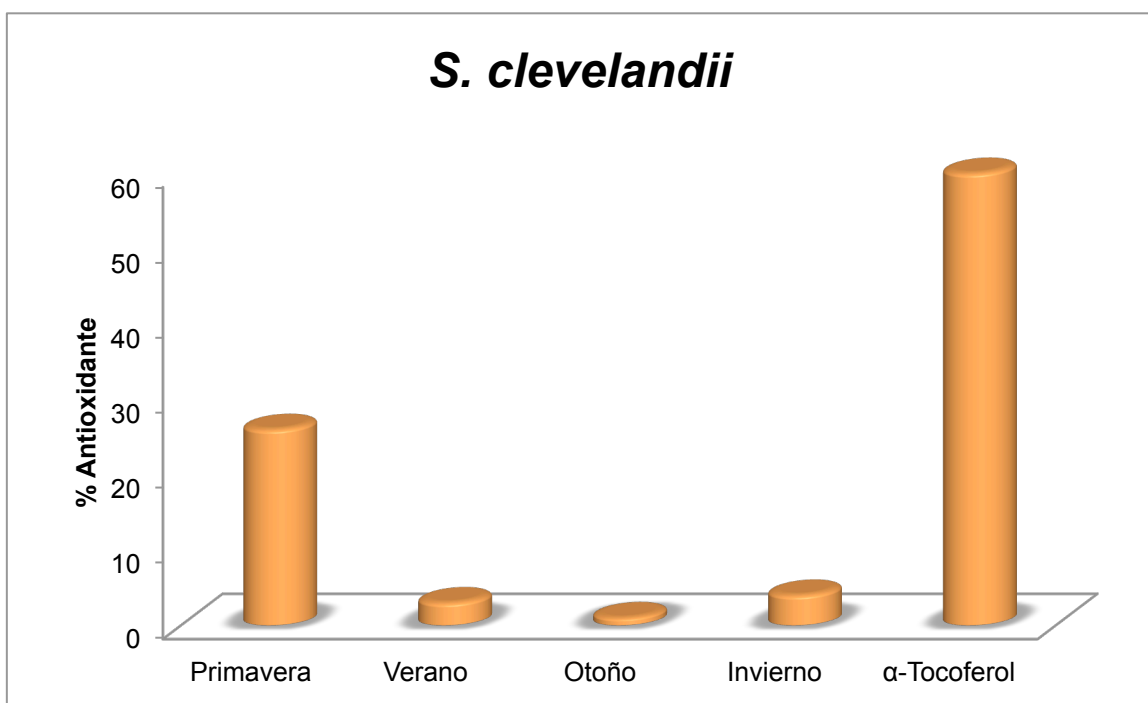
Estación	% Antioxidante
Primavera	39
Verano	19
Otoño	1
Invierno	1
α -Tocoferol	60

**Figura 72.-** Gráfica porcentaje antioxidante *S. mellifera*

En la evaluación antioxidante de la especie *S. mellifera* por el método decoloración oxidativa del β -caroteno, muestra en la figura 72 su mejor desempeño en la estación primavera, con un porcentaje antioxidante de 39% (Tabla 35), en comparación al control positivo: α -tocoferol con 60% de actividad antioxidante, este aceite esencial queda por debajo de dicho porcentaje.

*Salvia clevelandii***Tabla 36.-** Porcentaje antioxidante *S. clevelandii*

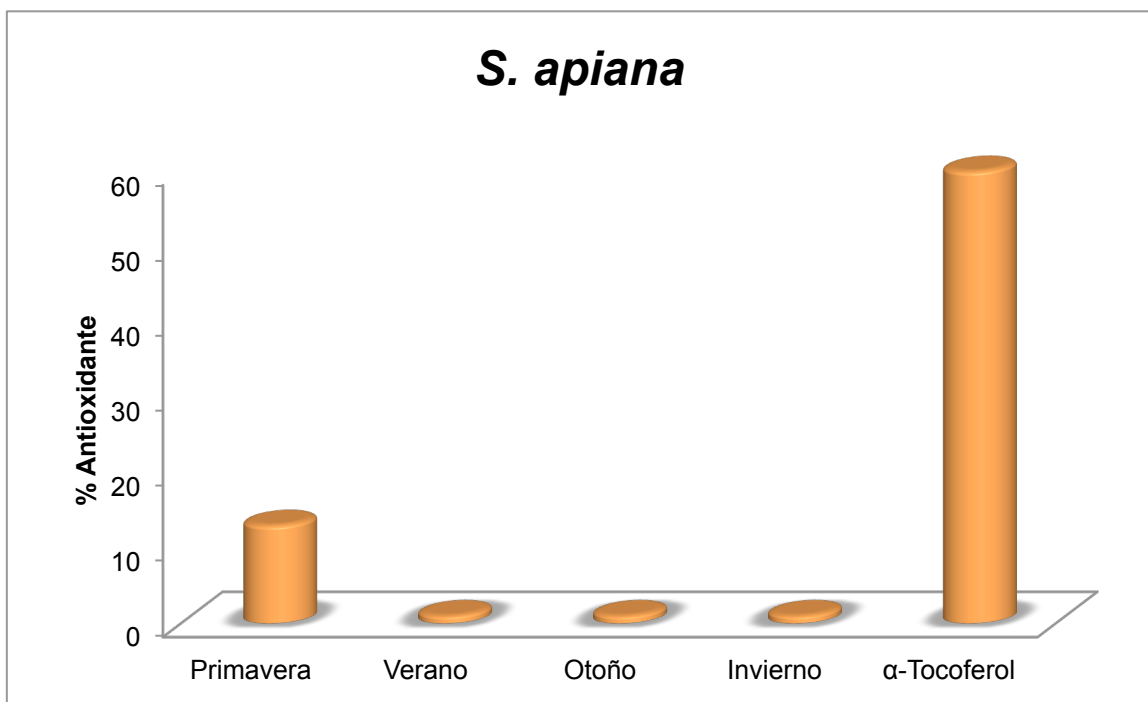
Estación	% Antioxidante
Primavera	26
Verano	3
Otoño	1
Invierno	4
α -Tocoferol	60

**Figura 73.-** Gráfica porcentaje antioxidante *S. clevelandii*

En la evaluación antioxidante de la especie *S. clevelandii*, muestra en la figura 73 su mejor desempeño en la estación primavera, con un porcentaje de 26% (Tabla 36), en comparación al control positivo: α -tocoferol con 60% de actividad antioxidante, este aceite esencial queda por debajo de dicho porcentaje.

*Salvia apiana***Tabla 37.-** Porcentaje antioxidante *S. apiana*

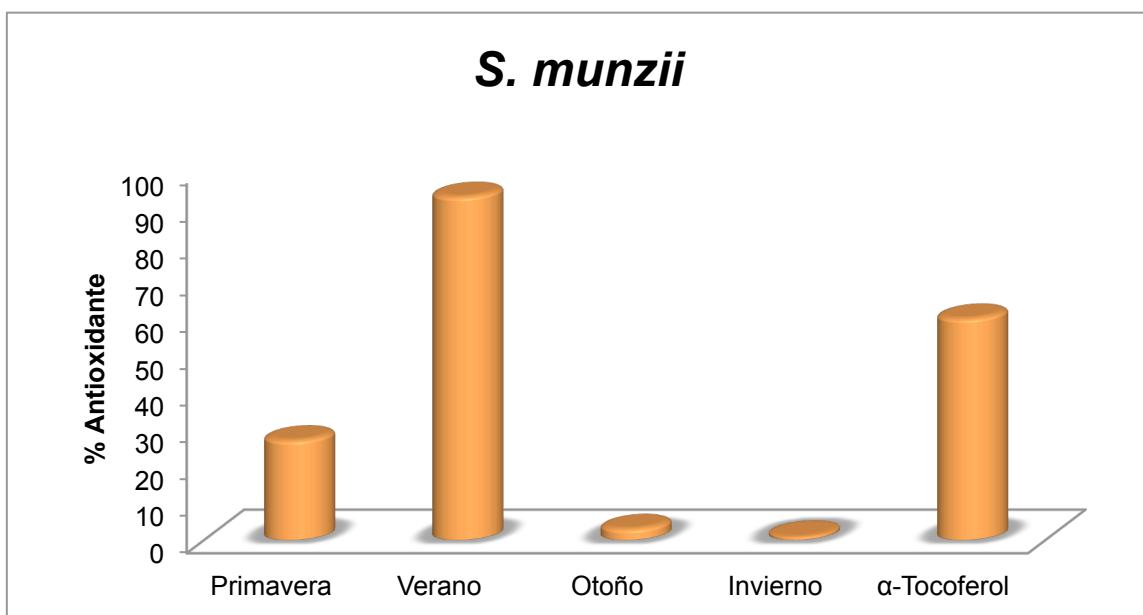
Estación	% Antioxidante
Primavera	13
Verano	1
Otoño	1
Invierno	1
α -Tocoferol	60

**Figura 74.-** Gráfica porcentaje antioxidante *S. apiana*

En la evaluación antioxidante de la especie *S. apiana*, muestra en la figura 74 su mejor desempeño en la estación primavera, con un porcentaje antioxidante de 13% (Tabla 37), en comparación al control positivo: α -tocoferol con 60% de actividad antioxidante, este aceite esencial queda por debajo de dicho porcentaje.

*Salvia munzii***Tabla 38.-** Porcentaje antioxidante *S. munzii*

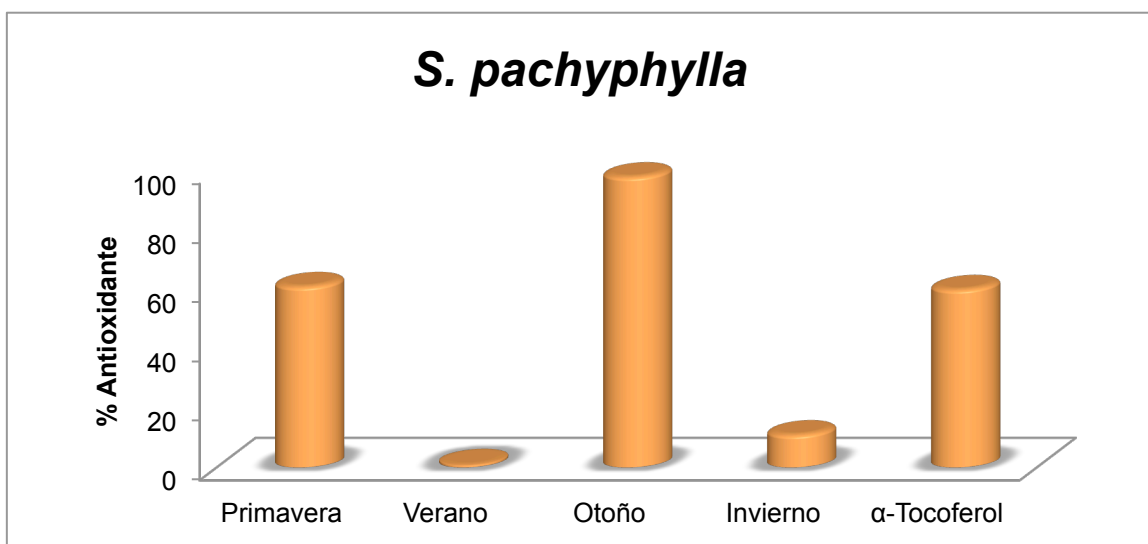
Estación	% Antioxidante
Primavera	27
Verano	93
Otoño	3
Invierno	1
α -Tocoferol	60

**Figura 75.-** Gráfica porcentaje antioxidante *S. munzii*

En la evaluación antioxidante de la especie *S. munzii*, muestra en la figura 75 su mejor desempeño en la estación verano, con un 93% antioxidante (Tabla 38), el cual supera al control positivo: α -tocoferol con 60% de actividad antioxidante. Los componentes mayoritarios del aceite esencial en la estación de verano son: alcanfor, limoneno y cariofileno. Sin embargo estos componentes se encuentran en las cuatro estaciones evaluadas, con porcentajes de abundancia similares, por lo tanto se analizaron los componentes distintivos de la muestra de verano, lo cual muestra dos compuestos exclusivos de dicha estación: tau-cadinol y α -bisabolol. Algunas investigaciones muestran la actividad antioxidante mediante el método de inhibición de acetilcolinesterasa para el sesquiterpeno α -bisabolol, presenta varias propiedades farmacológicas como las actividad analgésica, antibiótica y anticancerígena, debido a la baja toxicidad asociada con bisabolol la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) ha concedido considerarlo como seguro (GRAS)(Guy P. P, 2010).

*Salvia pachyphylla***Tabla 39.-** Porcentaje antioxidante *S. pachyphylla*

Estación	% Antioxidante
Primavera	61
Verano	1
Otoño	98
Invierno	11
α -Tocoferol	60

**Figura 76.-** Gráfica porcentaje antioxidante *S. pachyphylla*

En la evaluación antioxidante de la especie *S. pachyphylla*, muestra en la figura 76 su mejor desempeño en la estación otoño, con un porcentaje antioxidante de 98% (Tabla 39), el cual supera al control positivo: α -tocoferol con 60% de actividad antioxidante. Los componentes mayoritarios del aceite esencial en la estación de otoño son: 3-careno, eucaliptol y cariofileno. Algunas investigaciones comprueban la actividad antioxidante del metabolito 3-careno (Smail Aazza y Col.; 2011, Rothenberg y Col.; 1998). Sin embargo estos componentes están presentes en las cuatro estaciones, por lo que se analizaron los compuestos únicamente presentes en la muestra de otoño, sin encontrar compuestos exclusivos de dicha muestra. Los compuestos distintivos: Butanoato de 2-metil-hexilo y β -bisaboleno, se encontraron en las muestras primavera y otoño, las cuales en las evaluaciones antioxidantes se obtuvieron los mejores porcentajes antioxidantes. No se han realizado estudios de estos compuestos aislados para comprobar su actividad antioxidante, aunque algunos estudios de aceites esenciales con β -bisaboleno como unos de los componentes mayoritarios, con el método de decoloración oxidativa del β -caroteno, han obtenido porcentajes antioxidantes del 70-80% (Pornpimon Mayachiew y Col., 2008).

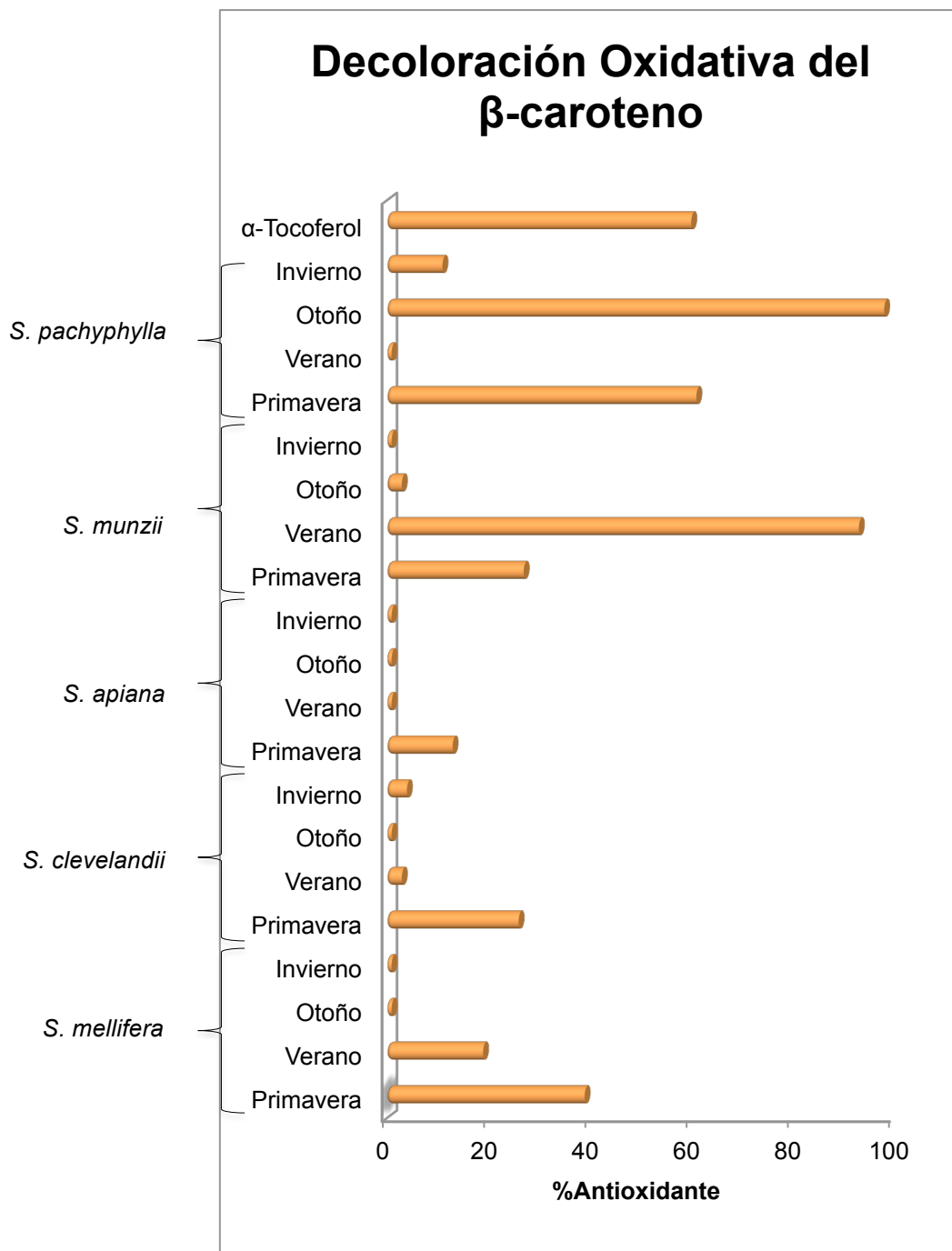


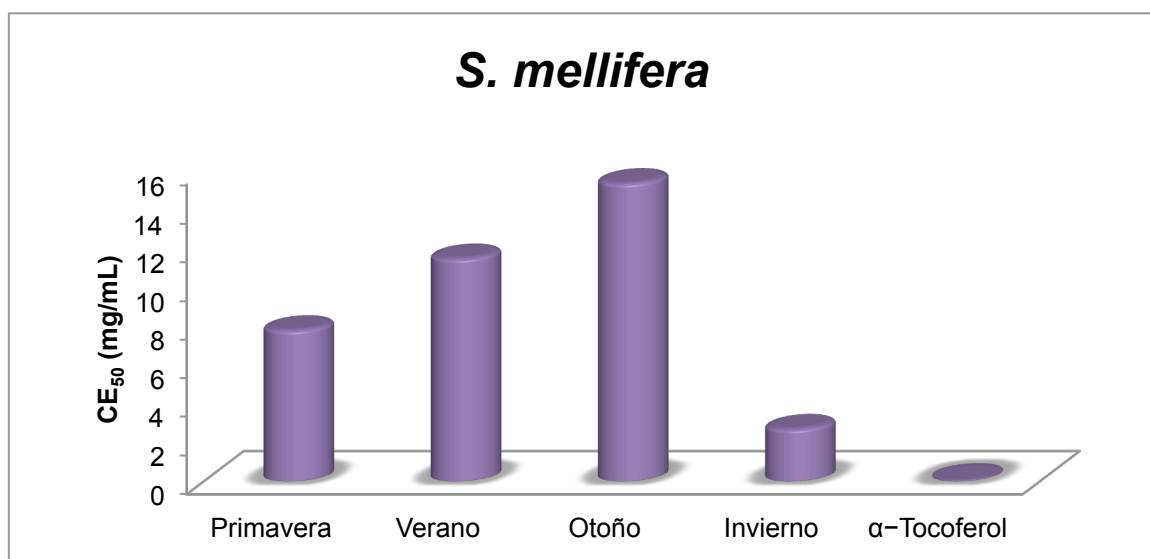
Figura 77.- Gráfica porcentaje antioxidante de las cinco especies en las cuatro estaciones

Las muestras de aceite esencial evaluadas por el método decoloración oxidativa del β -caroteno, sugieren tres predominantes: *S. pachyphylla* en otoño con 98%, *S. munzii* en verano con 93% y *S. pachyphylla* en primavera con 61%, con respecto al control positivo: α -Tocoferol con 60%.

RESULTADOS REDUCCIÓN DEL RADICAL DPPH

*Salvia mellifera***Tabla 40.-** CE₅₀ antirradicalaria *S. mellifera*

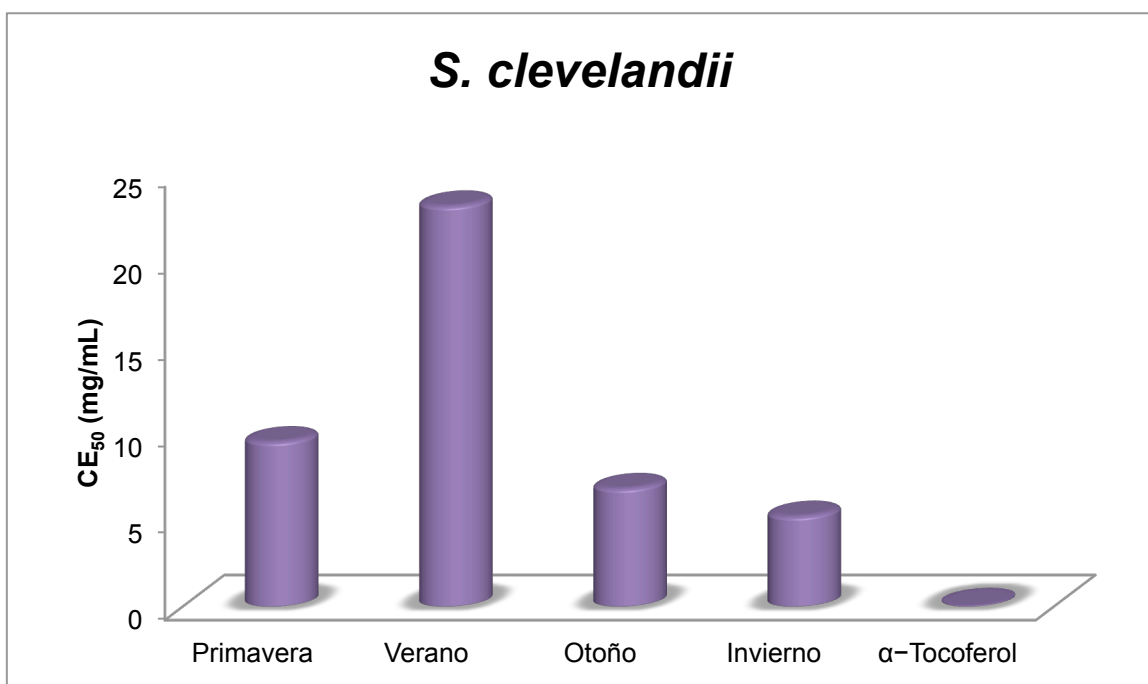
Estación	CE ₅₀ (mg/mL)
Primavera	7.8
Verano	11.5
Otoño	15.4
Invierno	2.7
α-Tocoferol	0.076

**Figura 78.-** Gráfica CE₅₀ antirradicalaria *S. mellifera*

En la evaluación antirradicalaria de la especie *S. mellifera* por el método reducción del radical DPPH, muestra en la figura 78 su mejor desempeño en la estación invierno, con una concentración efectiva media (CE₅₀) de 2.7 mg/mL (Tabla 40), en comparación al control positivo: α-tocoferol con 0.076 mg/mL. Este aceite esencial requiere mayor concentración para ejercer el efecto antirradicalario en comparación con el control positivo, sin embargo, tomando en cuenta que la muestra analizada es una mezcla de cientos de compuestos distintos, y el control positivo es un compuesto puro, este resultados aporta una actividad importante en contra de el radical DPPH. Los metabolitos mayoritarios del aceite esencial de *S. mellifera* no difieren en composición en las cuatro estaciones, por lo tanto no se encuentran compuestos exclusivos de la muestra para la estación de invierno. La característica de esta muestra es un aumento de la concentración del compuesto γ-Terpineno, el cual se ha demostrado tener una actividad antioxidante en presencia de diversos aceites esenciales (Mario C. Foti y K. U. Ingold, 2003).

*Salvia clevelandii***Tabla 41.-** CE₅₀ antirradicalaria *S. clevelandii*

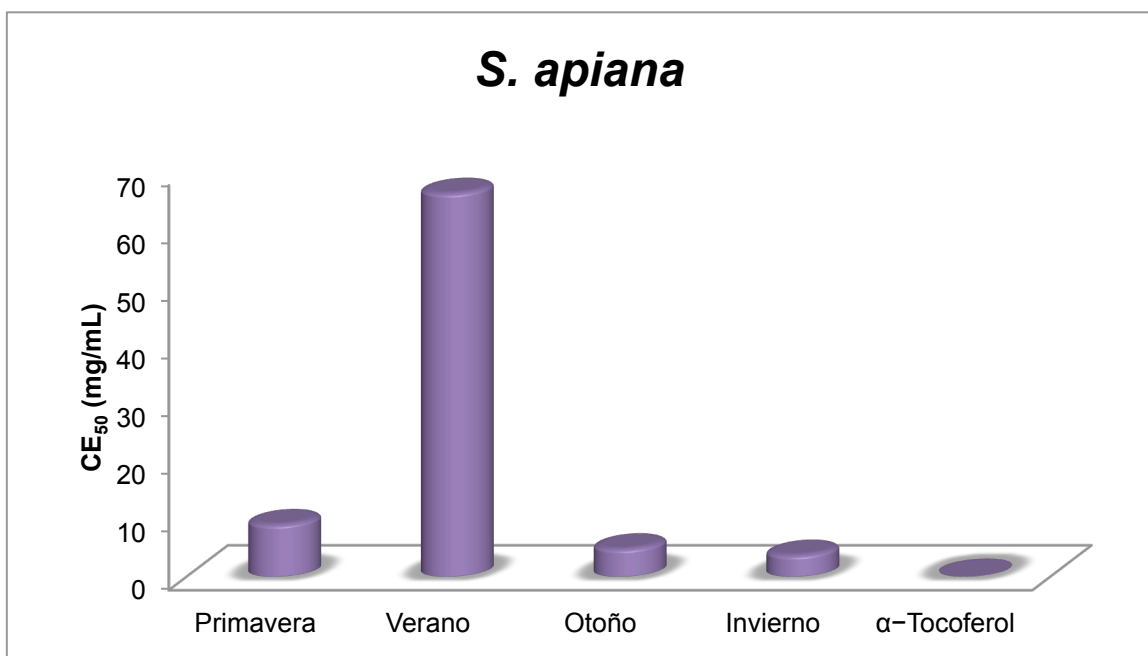
Estación	CE ₅₀ (mg/mL)
Primavera	9.5
Verano	23.1
Otoño	6.8
Invierno	5.2
α-Tocoferol	0.076

**Figura 79.-** Gráfica CE₅₀ antirradicalaria *S. clevelandii*

En la evaluación antirradicalaria de la especie *S. clevelandii* por el método reducción del radical DPPH, muestra en la figura 79 su mejor desempeño en la estación invierno, con una concentración efectiva media (CE₅₀) de 5.2 mg/mL (Tabla 41), en comparación al control positivo: α-tocoferol con 0.076 mg/mL. Este aceite esencial requiere mayor concentración para ejercer el efecto antirradicalario en comparación con el control positivo.

*Salvia apiana***Tabla 42.-** CE₅₀ antirradicalaria *S. apiana*

Estación	CE ₅₀ (mg/mL)
Primavera	9
Verano	66.3
Otoño	4.8
Invierno	3.7
α-Tocoferol	0.076

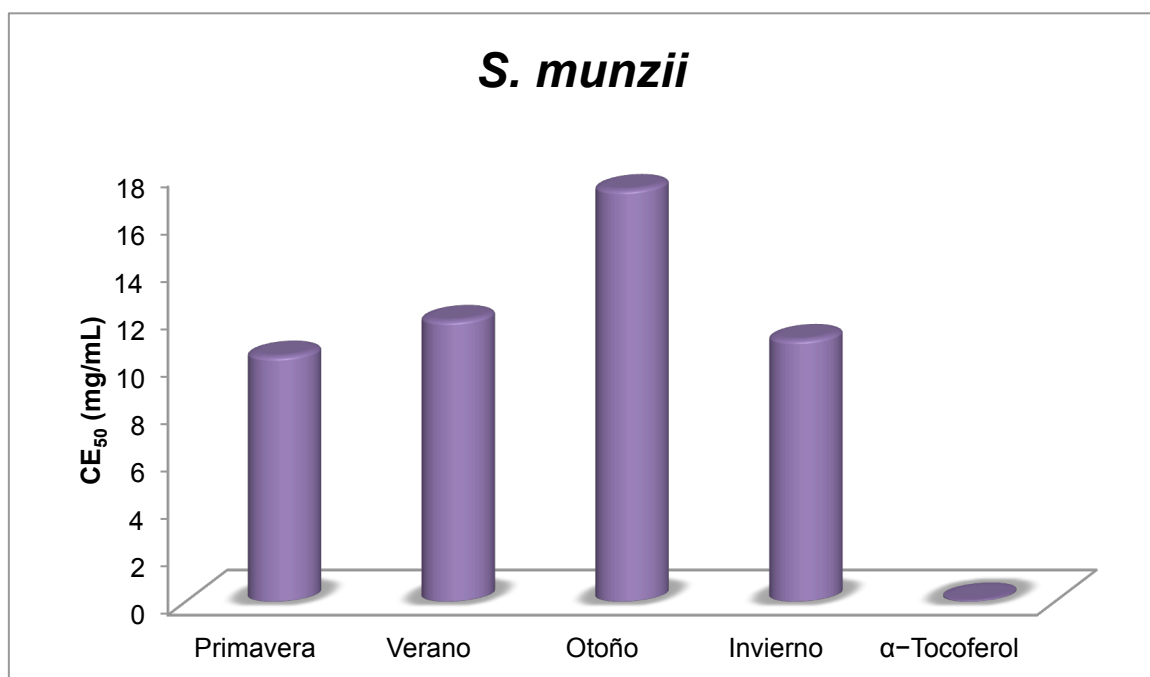
**Figura 80.-** Gráfica CE₅₀ antirradicalaria *S. apiana*

En la evaluación antirradicalaria de la especie *S. apiana* por el método reducción del radical DPPH, muestra en la figura 80 su mejor desempeño en la estación invierno, con una concentración efectiva media (CE₅₀) de 3.7 mg/mL (Tabla 42), en comparación al control positivo: α-tocoferol con 0.076 mg/mL. Este aceite esencial requiere mayor concentración para ejercer el efecto antirradicalario en comparación con el control positivo.

Salvia munzii

Tabla 43.- CE₅₀ antirradicalaria *S. munzii*

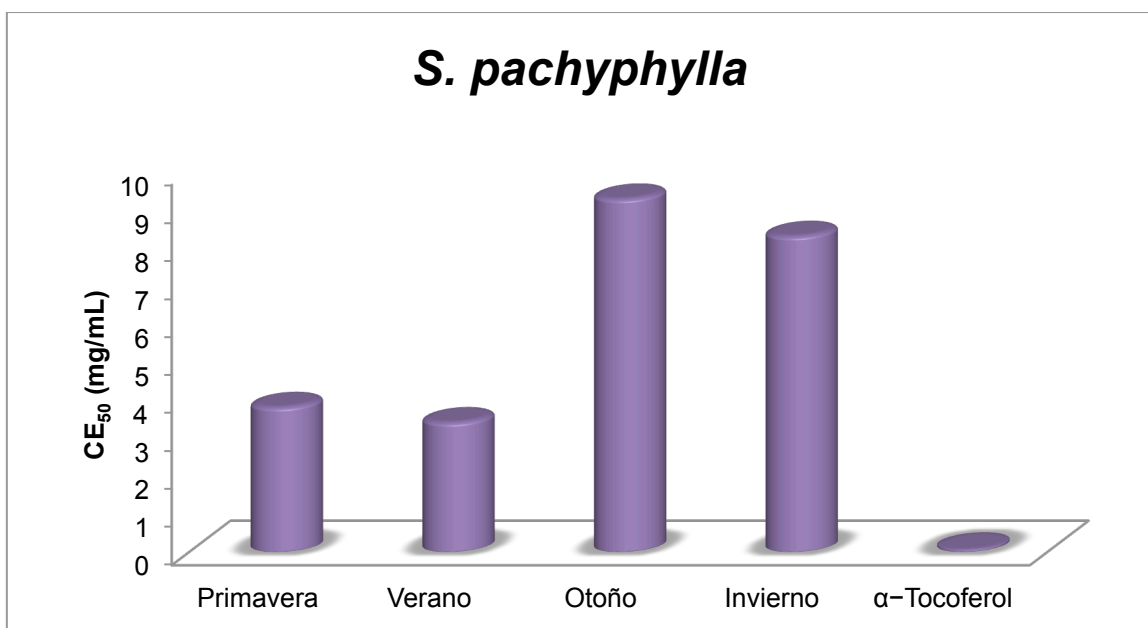
Estación	CE ₅₀ (mg/mL)
Primavera	10.3
Verano	11.8
Otoño	17.3
Invierno	11
α-Tocoferol	0.076

**Figura 81.-** Gráfica CE₅₀ antirradicalaria *S. munzii*

En la evaluación antirradicalaria de la especie *S. munzii* por el método reducción del radical DPPH, muestra en la figura 81 su mejor desempeño en la estación invierno, con una concentración efectiva media (CE₅₀) de 10.3 mg/mL (Tabla 43), en comparación al control positivo: α-tocoferol con 0.076 mg/mL. Este aceite esencial requiere mayor concentración para ejercer el efecto antirradicalario en comparación con el control positivo.

*Salvia pachyphylla***Tabla 44.-** CE₅₀ antirradicalaria *S. pachyphylla*

Estación	CE ₅₀ (mg/mL)
Primavera	3.8
Verano	3.4
Otoño	9.28
Invierno	8.3
α-Tocoferol	0.076

**Figura 82.-** Gráfica CE₅₀ antirradicalaria *S. pachyphylla*

En la evaluación antirradicalaria de la especie *S. pachyphylla* por el método reducción del radical DPPH, muestra en la figura 82 su mejor desempeño en la estación invierno, con una concentración efectiva media (CE₅₀) de 3.4 mg/mL (Tabla 44), en comparación al control positivo: α-tocoferol con 0.076 mg/mL. Este aceite esencial requiere mayor concentración para ejercer el efecto antirradicalario en comparación con el control positivo.

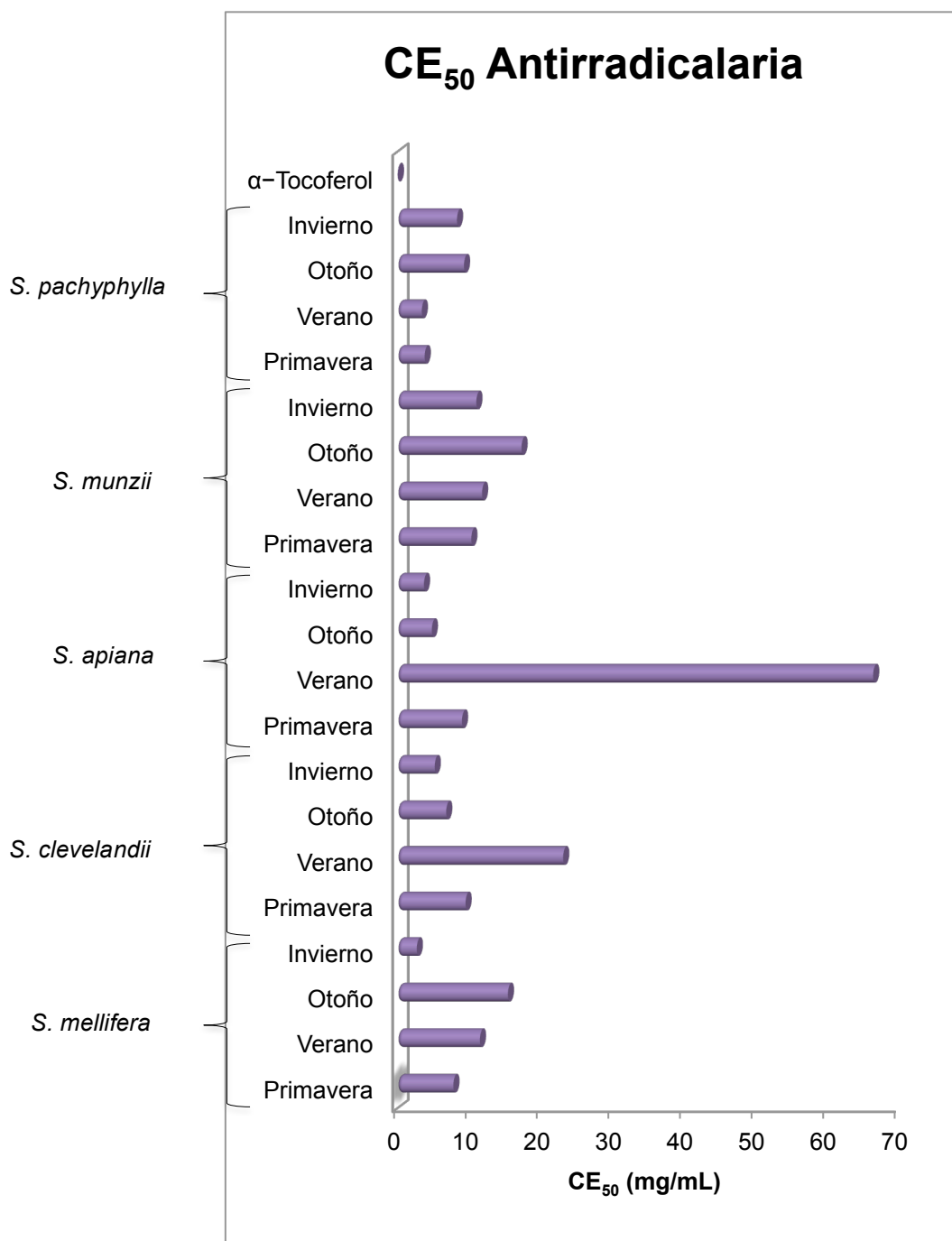


Figura 83.- Gráfica CE₅₀ antirradicalaria de las cinco especies en las cuatro estaciones

Las muestras de aceite esencial evaluadas para actividad antirradicalaria por el método reducción del radical DPPH, sugieren dos muestras predominantes: *S. mellifera* en invierno con una concentración efectiva media (CE₅₀) de 2.7 mg/mL y *S. pachyphylla* en verano con 3.4 mg/mL, con respecto al control positivo: α-Tocoferol con 0.076 mg/mL.



CONCLUSIONES



Del trabajo llevado a cabo para la realización de esta tesis, se establecen las siguientes conclusiones:

De la parte aérea de cinco especies de *Salvia*: *mellifera*, *clevelandii*, *apiana*, *munzii* y *pachyphylla*, se obtuvieron aceites esenciales por estación, de los cuales se determinaron porcentajes de rendimiento con respecto al peso del material vegetal utilizado y peso del aceite esencial resultante (p/p), otro porcentaje de rendimiento con respecto al peso del material vegetal utilizado y volumen del aceite esencial resultante (v/p). Teniendo como mejores porcentajes p/p y v/p a las especies: *S. apiana* en las estaciones primavera, otoño e invierno, con porcentajes de rendimiento de 4-5% y la especie *S. mellifera* en la estación verano, con porcentajes de rendimiento de 15-17%.

Los resultados mas favorables en rendimiento por especie son: *S. mellifera* 15.7% p/p 17.6% v/p, *S. apiana* 5.5% p/p 5.9% v/p y *S. clevelandii* 3.2% p/p 3.4% v/p la estación verano. Las especies *S. munzii* 3.2% p/p 3.2% v/p y *S. pachyphylla* 2.7% p/p 3% v/p en la estación otoño.

Se realizó una caracterización del aceite esencial, con equipo de cromatografía de gases acoplado a masas. Los resultados de los metabolitos secundarios identificados mas abundantes en la composición del aceite esencial por estación son: en primavera para las especies: *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. munzii* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: feniletil fenilacetato y *S. pachyphylla*: 3-careno. En verano para las especies: *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. munzii* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: feniletil fenilacetato y *S. pachyphylla*: 3-careno. En otoño para las especies: *S. mellifera*, *S. apiana* y *S. munzii* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: alcohol feniletílico y para *S. pachyphylla*: 3-careno. En invierno para las especies *S. mellifera* y *S. apiana* es el alcanfor, para *S. clevelandii*: feniletil fenilacetato, *S. munzii*: limoneno, *S. pachyphylla*: 3-careno.

Los resultados por especie son: *S. mellifera*; alcanfor y eucaliptol, *S. clevelandii*; feniletil fenilacetato, alcohol feniletílico, alcanfor, δ -cadineno, linalol y eucaliptol, *S. apiana*; alcanfor y eucaliptol, *S. munzii*; alcanfor, eucaliptol, limoneno y cariofileno, *S. pachyphylla*; 3-careno, eucaliptol y cariofileno.

En los resultados por división de terpenos se muestra que mantienen la relación de abundancia en todas las estaciones, siendo los monoterpenos hidrocarbonados los mas abundantes con porcentajes de 32-40%, monoterpenos oxigenados 21-28%, sesquiterpenos oxigenados 20-25% y sesquiterpenos hidrogenados 12-18%.

En la evaluación por el método decoloración oxidativa del β -caroteno para determinar su porcentaje antioxidante, los resultados sugieren tres muestras con alto perfil antioxidante: *S. pachyphylla* en otoño con 98%, *S. munzii* en verano con 93% y *S. pachyphylla* en primavera con 61%, con respecto al control positivo: α -Tocoferol con 60%.

En la evaluación de actividad antirradicalaria por el método reducción del radical DPPH, se sugieren dos muestras con las menores concentraciones efectivas medias (CE_{50}): *S. mellifera* en invierno 2.7 mg/mL y *S. pachyphylla* en verano 3.4 mg/mL, con respecto al control positivo: α -Tocoferol con 0.076 mg/mL.



BIBLIOGRAFÍA



Alev Tosun, Salman Khan, Yeong Shik Kim, Ángel Calín Sánchez, Xhevit Hysenaj y Ángel Antonio Carbonell Barrachina; Essential Oil Composition and Anti-Inflammatory Activity of *Salvia officinalis* L (*Lamiaceae*); *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*; 13 (6): 937-942, **2014**.

María Porres Martínez, Elena González-Burgos, M. Emilia Carretero, M. Pilar Gómez-Serranillos; Influence of phenological stage on chemical composition and antioxidant activity of *Salvia lavandulifolia* Vahl. essential oils; *Industrial Crops and Products*, Volume 53, Pages 71–77, **2014**.

Mohamed El Abdouni Khiyari, Ayoub Kasrati, Chaima Alaoui Jamali, Safia Zeroual, Mohammed Markouk, Khalid Bekkouche, Hans Wohlmuth, David Leach, Abdelaziz Abbad; Chemical composition, antioxidant and insecticidal properties of essential oils from wild and cultivated *Salvia aucheri subsp. blancoana* (Webb. & Helder)), an endemic, threatened medicinal plant in Morocco; *Industrial Crops and Products*; Volume 57, Pages 106–109, **2014**.

Álvaro Andrés Urrea Huilipang; Antioxidantes en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Factores que Afectan su Concentración y sus Beneficios para la Salud Humana, Monografía Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera, **2013**.

Isidro Hernández Pompa; Gambusinos y Mineros Mexicanos, ISBN 978-5491-6, Editorial Palibrio, **2013**.

Bruce G. Baldwin, Douglas H. Goldman; The Jepson Manual: Vascular Plants of California, University of California Press; Second Edition, Thoroughly Revised and Expanded edition, ISBN-13: 978-0520253124, **2012**.

Nevcihan Gürsoy, Bektaş Tepe y H. Aşkın Akpulat; Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Essential Oils of *Salvia palaestina* (Bentham) and *S. ceratophylla* (L.); *Rec. Nat. Prod.* 6:3 :278-287, **2012**.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) [Consultado Agosto 2012]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> **2012**.

Smail Aazza , Badiâ Lyoussi and Maria G. Miguel; Antioxidant and Antiacetylcholinesterase Activities of Some Commercial Essential Oils and Their Major Compounds; *Molecules* 16, 7672-7690, **2011**.

Abdolrasoul H. Ebrahimabadi, Asma Mazoochi, Fereshteh Jookar Kashi, Zahra Djafari-Bidgoli, Hossein Batooli: Essential oil composition and antioxidant and antimicrobial properties of the aerial parts of *Salvia eremophila* Boiss. from Iran; *Food and Chemical Toxicology*, 48 :1371–1376, **2010**.

Camilo Andrés Mahecha; Tesis: Actividad Antioxidante y Antibacteriana de Aceites Esenciales de Hojas y Frutos de *Siparuna sessiliflora*, Facultad de Ciencias Departamento de Química Pontificia Universidad Javeriana, **2010**.

Guy P. P, Kamatou, Alvaro M. Viljoen; A Review of the Application and Pharmacological Properties of α -Bisabolol and α -Bisabolol-Rich Oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Volume 87, Issue 1, pp 1-7, **2010**.

Laura de Martino, Graziana Roscigno, Emiliana Mancini; Chemical Composition and Antigerminative Activity of the Essential Oils from Five *Salvia* Species, *Molecules*, ISSN 1420-3049, **2010**.

González Stuart A, Rivera J.O.; Comparison of herbal products use in two largest border communities between US and Mexico; *Herbalgram*; 81: 58-66, **2009**.

Ibrahim Kivrak , Mehmet Emin Duru, Mehmet Öztürk, Nazime Mercan, Mansur Harmandar, Gülaçtı Topçu; Antioxidant, anticholinesterase and antimicrobial constituents from the essential oil and ethanol extract of *Salvia potentillifolia*; *Food Chemistry* 116: 470–479, **2009**.

Jack Challem y Melissa Block; Antioxidantes Naturales, ISBN 978-84-9763-446-5, Editorial Santos Rodriguez, **2008**.

Maria E. Abreu, Maren Müller, Leonor Alegre and Sergi Munné-Bosch; Phenolic diterpene and α -tocopherol contents in leaf extracts of 60 *Salvia* species, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 88, Issue 15, pages 2648–2653, **2008**.

Pornpimon Mayachiew, Sakamon Devahastin; Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts; *LWT - Food Science and Technology*, Volume 41, Issue 7, Pages 1153–1159, **2008**.

Biljana Bozin, Neda Mimica-Dukic, Isidora Samojlik y Emilija Jovin; Antimicrobial and Antioxidant Properties of Rosemary and Sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) Essential Oils; *J. Agric. Food Chem.*, 55 (19), pp 7879–7885, **2007**.

Masarovičová E; Král'ová K. Medicinal plants: Past, Nowadays, Future. *Acta Horticulturae*; 49: 19-27. **2007**.

Ali Sonbolia, Babak Babakhanib, y Ahmad Reza Mehrabianc; Antimicrobial Activity of Six Constituents of Essential Oil from *Salvia*; *Z. Naturforsch.* 61c, 160D164, **2006**.

Córdova Guerrero I., Andrés S. L., León L. G, Machín R. P, Padron J. M, Luis J. G y Delgadillo J.; Abietane Diterpenoids from *Salvia pachyphylla* and *S. clevelandii* with Cytotoxic Activity against Human Cancer Cell Lines, *J. Nat. Prod.*, **2006**.

José Luis Fernández Alonso y Orlando Rivera Díaz; Tesis: Las labiadas (familia *Labiatae*) , Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, **2006**.

Lincoln Taiz y Eduardo Zeiger; *Fisiología Vegetal*, ISBN 978-84-8021-599-2, Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I, **2006**.

Başer H.K.C.; New trends in the utilization of medicinal and aromatic plants; *Acta Horticulturae*; 676: 11-23, **2005**.

Bektas Tepe, Dimitra Daferera, Atalay Sokmen, Munevver Sokmen, Moschos Polissiou; Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (*Lamiaceae*); *Food Chemistry* Volume 90, Issue 3, :333–340, **2005**.

D. L. Hallahan, J. A. Callow, J. C. Gray; *Advances in Botanical Research: Plant Trichomes*, Academic Press, ISBN 0-12-005931-2, 84-98, **2005**.

José Delgadillo Rodríguez; *El bosque de coníferas de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California*, ISBN 968-817-702-4, SEMARNAT y el Instituto Nacional de Ecología, **2004**.

Mónica D. Romero Márquez; *Plantas Aromáticas Tratado de Aromaterapia Científica*, ISBN 978-95-0171-260-5, Editorial KIER, **2004**.

Montalvo, A. M.; *Salvia apiana* Jepson, 671-675 en J. K. Francis, editorial. *Wildland Shrubs of the United States and its Territories: Thamnic Descriptions. Volume 1. General Technical Report IITF-GTR-26*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry and Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO., **2004**.

Neda Mimica-Dukic, Biljana Bozin, Marina Sokovic, y Natasa Simin; Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) Essential Oil; *J. Agric. Food Chem.*, 52 (9), pp 2485–2489, **2004**.

Roberts, F. M., Jr., S. D. White, A. C. Sanders, D. E. Bramlet, y S. Boyd.; *The Vascular Plants of Western Riverside County, California: An Annotated Checklist*. F. M. Roberts Publications, San Luis Rey, CA, **2004**.

Alejandro Martínez; *Aceites Esenciales*, Facultad Química Farmacéutica Universidad de Antioquia, **2003**.

Koschier EH, Nadjafi F, Bannayan M. Labiate essential oils affecting host selection and acceptance of Thrips tabaci Linde- man. *Crop Protection*; 22: 929-934, **2003**.

Mario C. Foti and K. U. Ingold; Mechanism of Inhibition of Lipid Peroxidation by γ -Terpinene, an Unusual and Potentially Useful Hydrocarbon Antioxidant; *J. Agric. Food Chem.*, 51 (9), pp 2758–2765, **2003**.

Deanna Marcano y Masahisa Hasegawa; *Fitoquímica Orgánica*, ISBN 980-00-2066-7, Universidad Central de Venezuela, Segunda Edición **2002**.

Zahra F. Baher, Mehdi Mirza, Mahlega Ghorbanli, Mohamad Bagher Rezaii; The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal* Volume 17, Issue 4, :275–277, **2002**.

Bourgaud F, Gravot A, Milesi S, Contier E.; Production of plant secondary metabolites: a historical perspective; *Plant Science*; 161: 839-851, **2001**.

Lourdes García Bacallao; *Plantas con Propiedades Antioxidantes*, ISSN 1561-3011, Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, Instituto Superior de Ciencias Básicas y Preclínicas Victoria de Girón, **2001**.

Pedro Font, Julio C. Montané Martí y Tomás Eixarch; *Fray Pedro Font el Diario Íntimo*, ISBN 968-856-739-6, Editorial Plaza y Valdez, **2000**.

Rothenberg, G.; Yatziv, Y.; Sasson, Y.; Comparative Autoxidation of 3-Carene and α -Pinene: Factors Governing Regioselective Hydrogen Abstraction Reactions; *Tetrahedron*, Volume 54, Number 3, pp. 593-598(6), **1998**.

Weaver, K.L.; Coastal sage scrub variations of San Diego County and their influence on the distribution of the California gnatcatcher, *Western Birds* 29: 392-405, **1998**.

Fernando Muñoz; Plantas Medicinales y Aromáticas, ISBN 84-7114-624-X, Ediciones Mundi-Prensa Barcelona, **1996**.

Moujir, L., A.M. Gutiérrez-Navarro, L. San Andres, y J.G. Luis; Bioactive diterpenoids isolated from *Salvia mellifera*, *Phytotherapy Research* 10: 172-174 **1996**.

Rodríguez C.J.M., Gómez C.; Plantas mexicanas al mundo. En: Plantas que curan. Guía México Desconocido; 29: 19-51, **1996**.

Alfredo Ara Roldan; Las 40 Plantas Medicinales mas Populares, ISBN 84-7640-827-7 Editorial EDAF S.A. **1994**.

Schmitt, A. K., C. E. Martin, V. S. Loeschen, y A. Schmitt.; Mid-summer gas exchange and water relations of seven C3 species in a desert wash in Baja California, Mexico. *Journal of Arid Environments* 24:155-164, **1993**.

Dentali, S. J., y J. J. Hoffmann; Potential antiinfective agents from *Eriodictyon angustifolium* and *Salvia apiana*, *International Journal of Pharmacognosy* 30:223-231, **1992**.

Edna Alicia Corte Rodríguez; Estudio Comparativo de los Grupos Indígenas Kamiai y Pa Ipai del Norte de Baja California, Tesis profesional UABC, Escuela Superior de Ciencias, Ensenada Baja California, **1988**.

Neisess, K.R.; Scora, R.W.; Kumamoto, J. Volatile leaf oils of California Salvias. *Journal of Natural Products* 50: 515-517 **1987**.

Bocek, B.; Ethnobotany of Costanoan Indians, California, based on collections por John P. Harrington, *Economic Botany* 38: 240-255, **1984**.

Poole, D. K., y P. C. Miller; Water relations of selected species of chaparral and coastal sage communities. *Ecology* 56:1118-1128, **1975**.

Munz, P. A.; A Flora of Southern California, University of California Press, Berkeley, CA, **1974**.

Bean, J. y K. Saubel; Temalpakh: Cahuilla Indian knowledge and usage of plants, Malki Museum Press, Morongo Indian Reservation, CA. 225 ,**1972**.

Munz, P.A. y D.D. Keck; A California Flora with Supplement, University of California Press, Berkeley, CA. :1,681, **1968**.

Epling, C.; The California salvias, Annals of the Missouri Botanical Garden 25:95-188, **1938**.

Antonio Hernández Morejón; Historia bibliográfica de la medicina española volumen 2, Imprenta de la Viuda de Jordán e Hijos, **1843**.

María Laura López; Tesis: Estudio Fitoquímico de *Caesalpinia gilliesii*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacional de La Pampa.



APÉNDICE

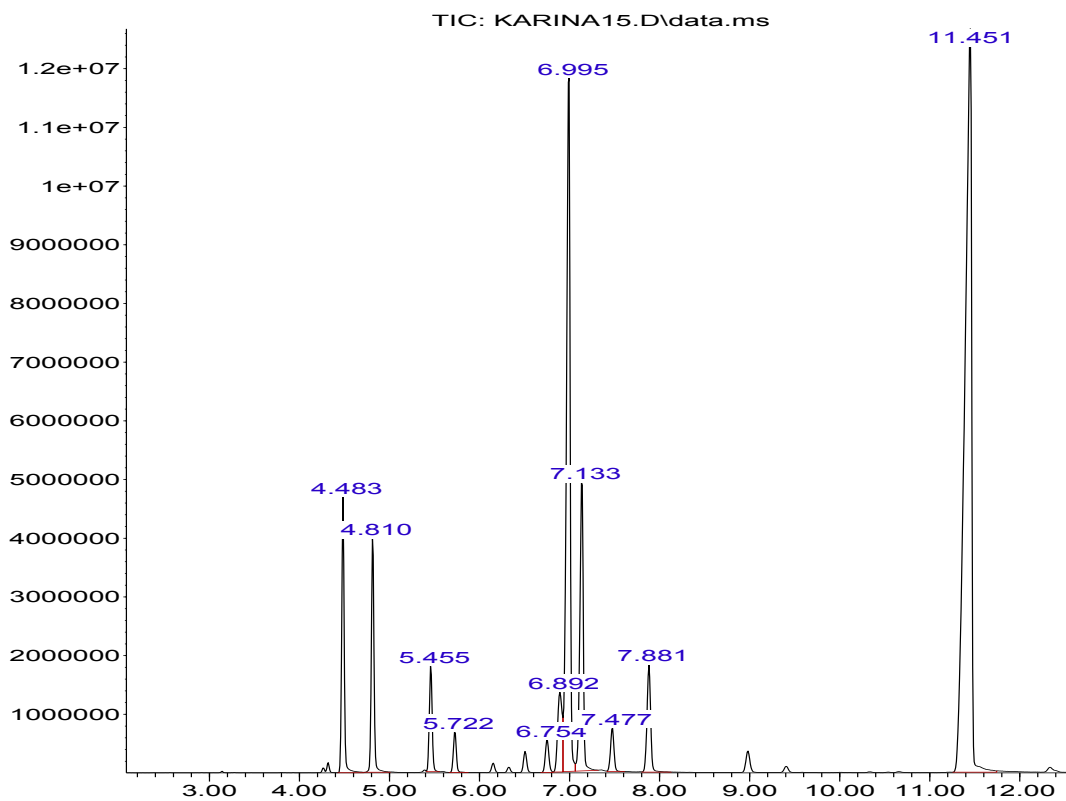




ANEXOS



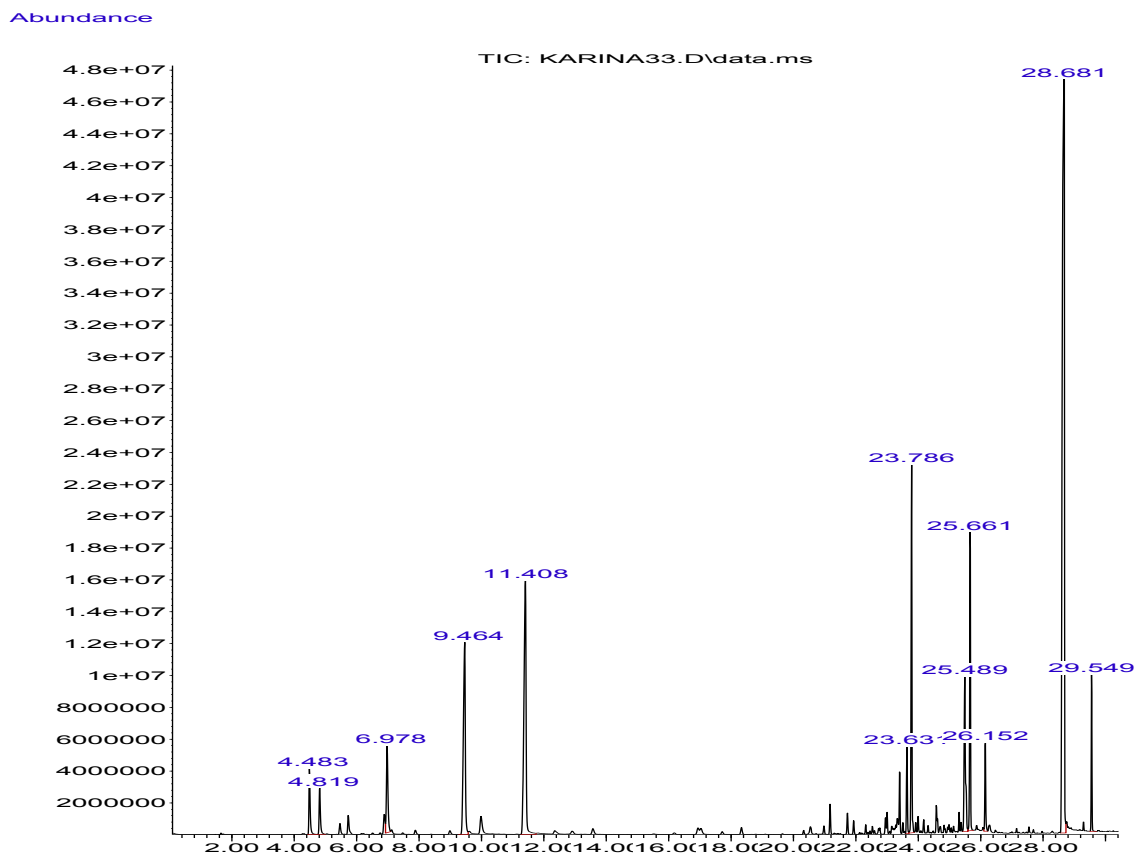
Abundance



Time-->

peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.483	13.64	6.054
2	canfeno	Camphene	4.810	12.51	5.553
3	β -Pineno	β -Pinene	5.455	5.89	2.617
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.722	2.37	1.054
5	o-Cimeno	o-Cymene	6.754	2.29	1.016
6	Limoneno	Limonene	6.892	7.39	3.279
7	Eucaliptol	Eucalyptol	6.995	50.44	22.393
8	β - <i>trans</i> -Ocimene	β - <i>trans</i> -Ocimene	7.133	19.98	8.871
9	β - <i>cis</i> -Ocimene	β - <i>cis</i> -Ocimene	7.477	2.98	1.322
10	γ -Terpineno	γ -Terpinen	7.881	7.75	3.443
11	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.451	100.00	44.398

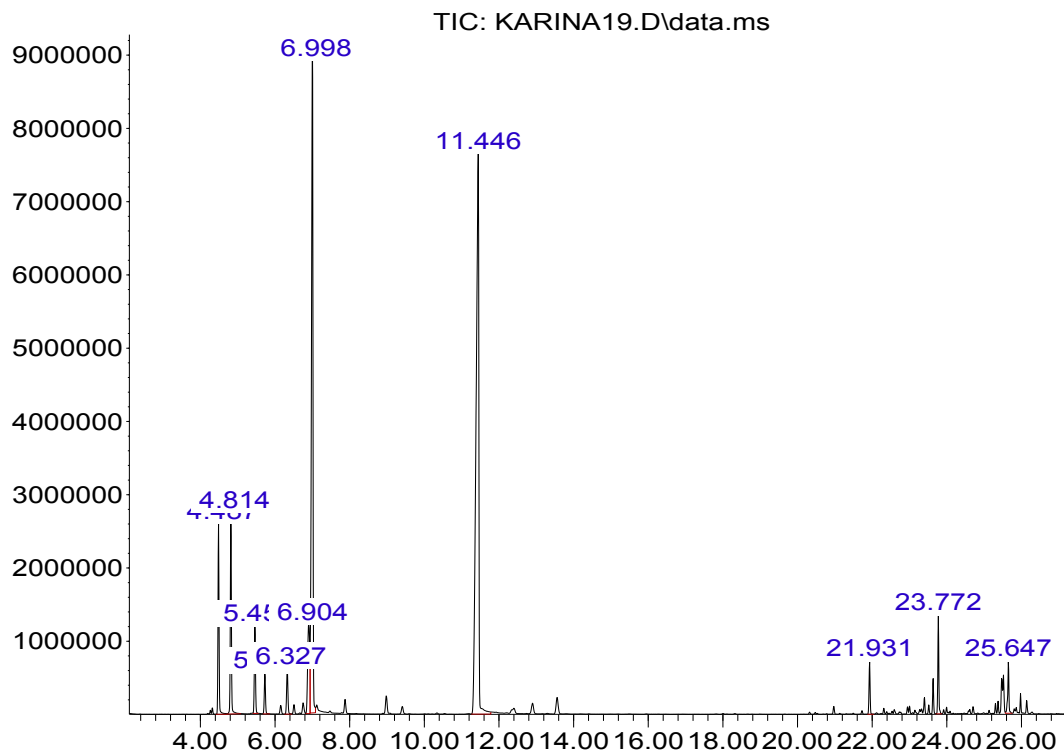
Anexo 1.- CG-EM de SMEPA



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pino	α -Pinene	4.483	4.90	2.072
2	Canfeno	Camphene	4.819	3.64	1.539
3	Eucaliptol	Eucalyptol	6.978	7.89	3.335
4	Linalol	Linalol	9.464	23.02	9.728
5	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.408	33.12	13.996
6	γ -Cadineno	γ -Cadinene	23.631	4.54	1.918
7	δ -Cadinano	δ -Cadinane	23.786	19.11	8.076
8	tau-Cadinol	tau-Cadinol	25.489	12.95	5.472
9	α -Cadinol	α -Cadinol	25.661	15.86	6.701
10	Carotol	Carotol	26.152	4.84	2.046
11	Bencenacetato de 2-feniletilo	Benzeneacetic acid, 2-phenylethyl ester	28.681	100.00	42.252
12	Fenilacetato de Geranilo	Geranyl phenylacetate	29.549	6.78	2.865

Anexo 2.- CG-EM de SCPA

Abundance

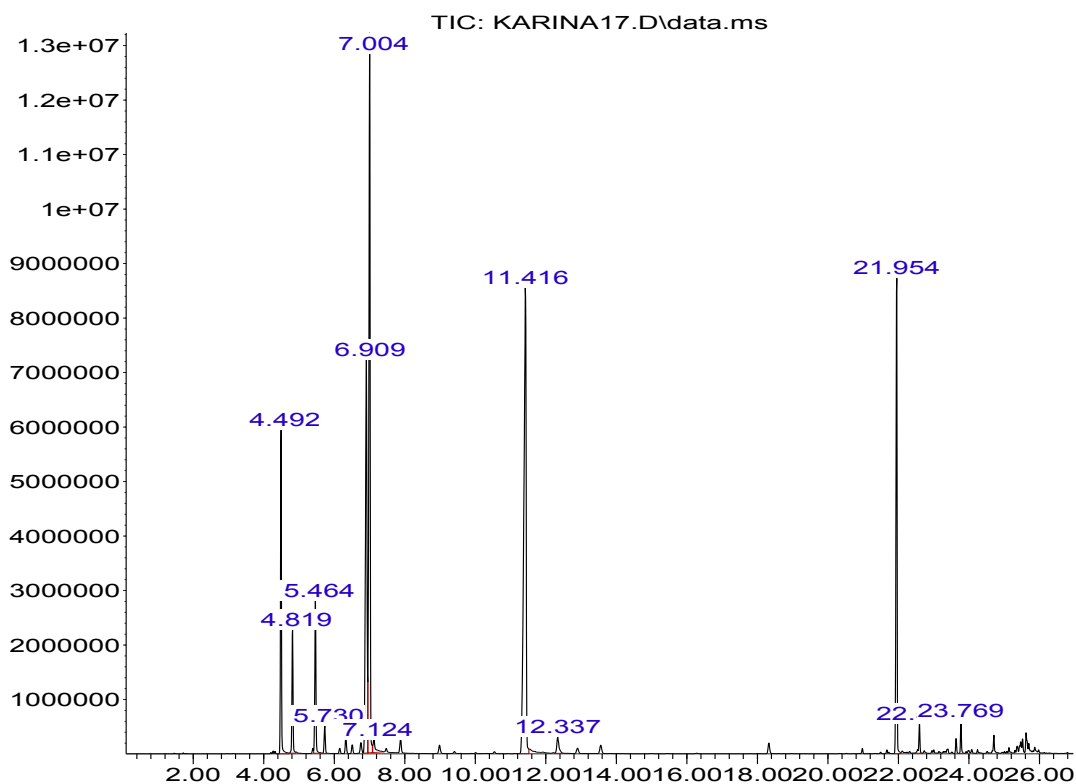


Time-->

peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.487	12.86	5.491
2	Canfeno	Camphene	4.814	14.61	6.238
3	β -Pineno	β -Pinene	5.459	6.68	2.851
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.725	3.09	1.320
5	3-Careno	3-Carene	6.327	3.90	1.666
6	Limoneno	Limonene	6.904	12.51	5.339
7	Eucaliptol	Eucalyptol	6.998	66.89	28.555
8	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.446	100.00	42.689
9	Cariofileno	Caryophyllene	21.931	3.66	1.563
10	γ -Cadineno	γ -Cadinene	23.772	6.15	2.624
11	α -Cadinol	α -Cadinol	25.647	3.89	1.662

Anexo 3.- CG-EM de SAPA

Abundance

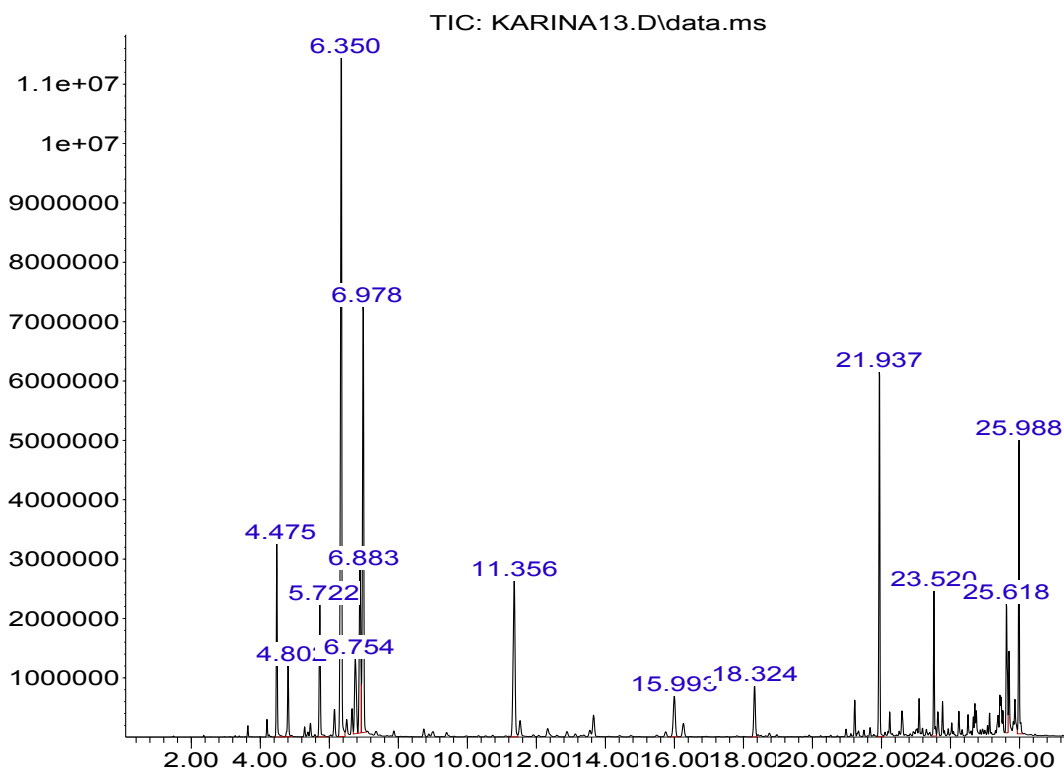


Time-->

peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.492	28.97	8.020
2	canfeno	Camphene	4.819	11.98	3.315
3	β -Pineno	β -Pinene	5.464	15.45	4.277
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.730	2.86	0.792
5	Limoneno	Limonene	6.909	57.64	15.955
6	Eucaliptol	Eucalyptol	7.004	84.64	23.429
7	β - <i>trans</i> -Ocimene	β - <i>trans</i> -Ocimene	7.124	2.69	0.744
8	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.416	100.00	27.680
9	Borneol	Borneol	12.337	3.21	0.887
10	Cariofileno	Caryophyllene	21.954	48.00	13.288
11	α -Cariofileno	α -Caryophyllene	22.599	3.05	0.843
12	δ -Cadineno	δ -Cadinene	23.769	2.78	0.770

Anexo 4.- CG-EM de SMPA

Abundance

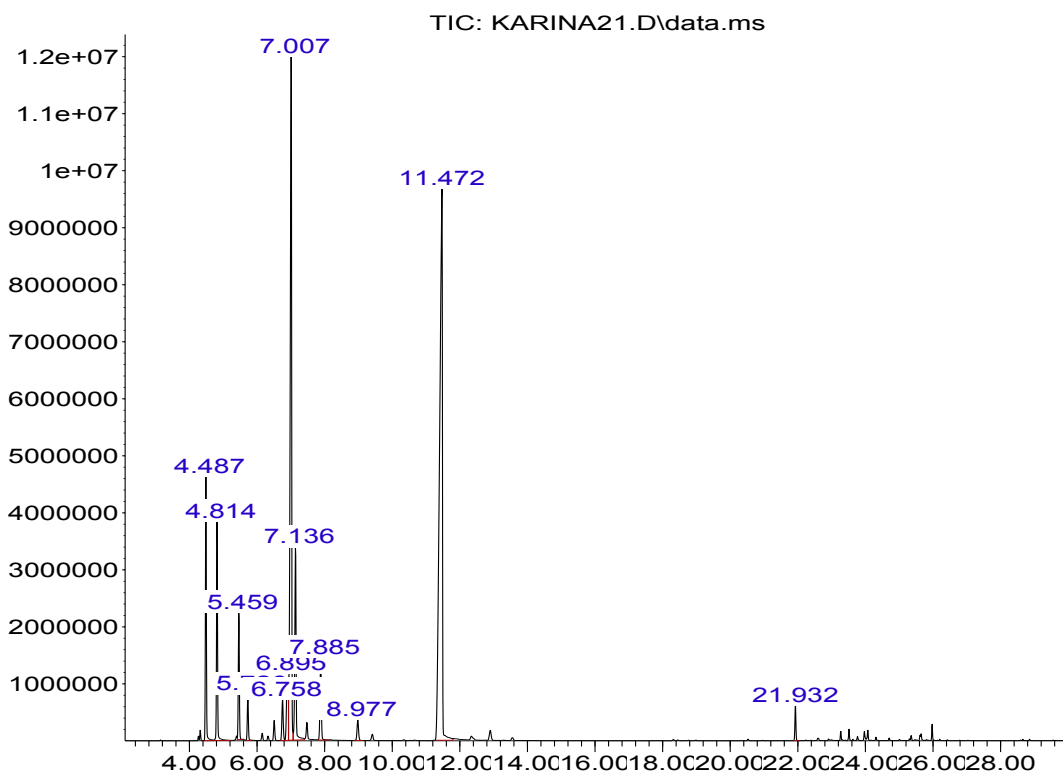


Time-->

peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.475	20.10	5.063
2	canfeno	Camphene	4.802	8.47	2.133
3	β -Mirceno	β -Myrcene	5.722	16.16	4.071
4	3-Careno	3-Carene	6.350	100.00	25.190
5	o-Cimeno	o-Cymene	6.754	14.45	3.640
6	Limoneno	Limonene	6.883	27.78	6.997
7	Eucaliptol	Eucalyptol	6.978	60.74	15.299
8	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.356	31.63	7.967
9	Butanoato de 2-metil-hexilo	Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	15.993	9.08	2.288
10	Acetato de Borneol	Borneol acetate	18.324	8.89	2.240
11	Cariofileno	Caryophyllene	21.937	41.22	10.383
12	β -Bisaboleno	β -Bisabolene	23.520	13.98	3.521
13	β -Eudesmol	β -Eudesmol	25.618	17.00	4.281
14	α -Bisabolol	α -Bisabolol	25.988	27.49	6.925

Anexo 5.- CG-EM de SPPA

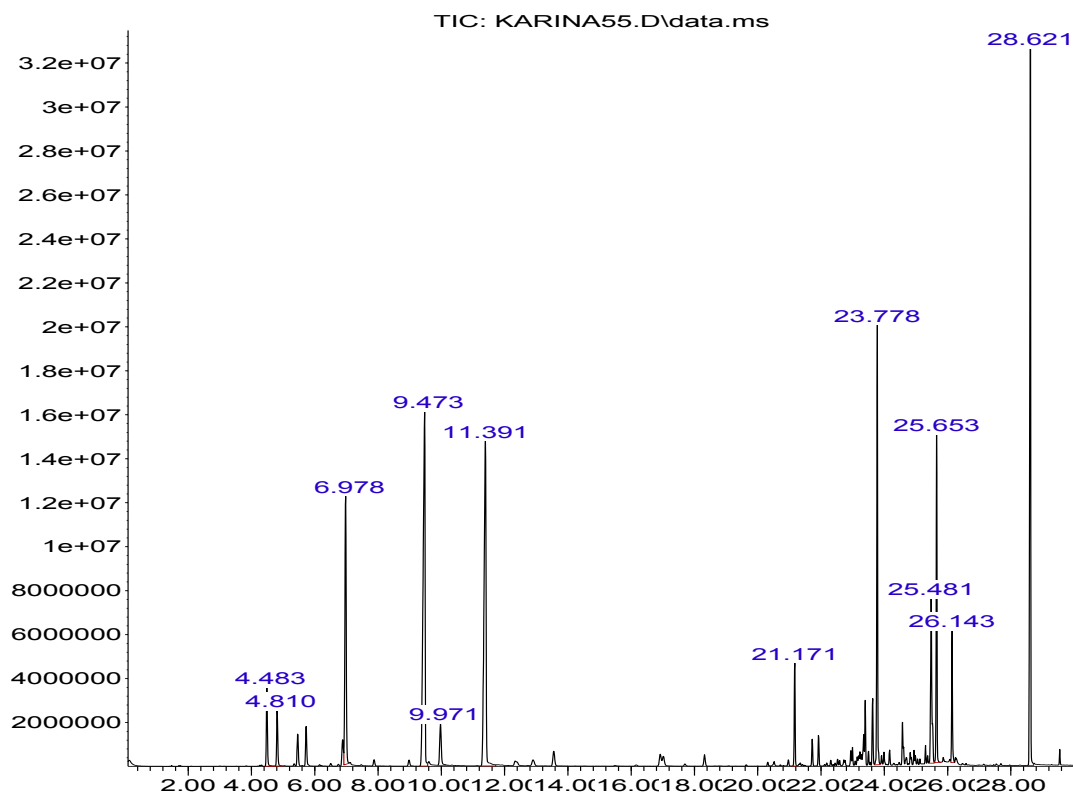
Abundance



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.487	15.76	6.358
2	Canfeno	Camphene	4.814	14.49	5.847
3	β -Pineno	β -Pinene	5.459	8.69	3.507
4	3-Careno	3-Carene	5.726	3.16	1.274
5	o-Cimeno	o-Cymene	6.758	3.56	1.438
6	Limoneno	Limonene	6.895	7.46	3.011
7	Eucaliptol	Eucalyptol	7.007	66.27	26.735
8	β - <i>trans</i> -Ocimene	β - <i>trans</i> -Ocimene	7.136	16.80	6.780
9	γ -Terpineno	γ -Terpinen	7.885	7.25	2.927
10	Terpinoleno	Terpinolen	8.977	2.11	0.853
11	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.472	100.00	40.346
12	Cariofileno	Caryophyllene	21.932	2.29	0.925

Anexo 6.- CG-EM de SMEVA

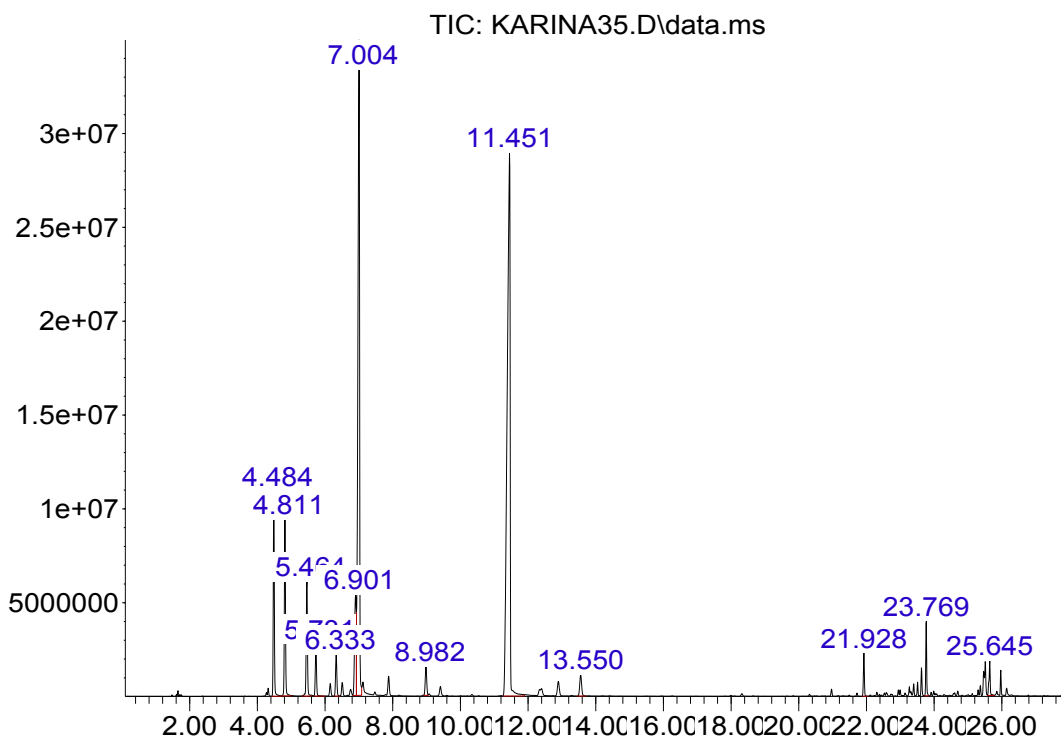
Abundance



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pino	α -Pinene	4.483	11.76	2.290
2	Canfeno	Camphene	4.810	8.71	1.696
3	Eucaliptol	Eucalyptol	6.978	49.87	9.708
4	Linalol	Linalol	9.473	97.38	18.957
5	Alcohol fenietílico	Phenylethyl alcohol	9.971	9.46	1.842
6	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.391	89.83	17.487
7	Acetato de geraniol	Geraniol acetate	21.171	12.98	2.526
8	δ -Cadinano	δ -Cadinane	23.778	51.71	10.066
9	tau-Cadinol	tau-Cadinol	25.481	28.81	5.609
10	α -Cadinol	α -Cadinol	25.653	38.17	7.430
11	Carotol	Carotol	26.143	15.01	2.922
12	Fenilacetato de feniletilo	Phenylethyl phenylacetate	28.621	100.00	19.467

Anexo 7.- CG-EM de SCVA

Abundance

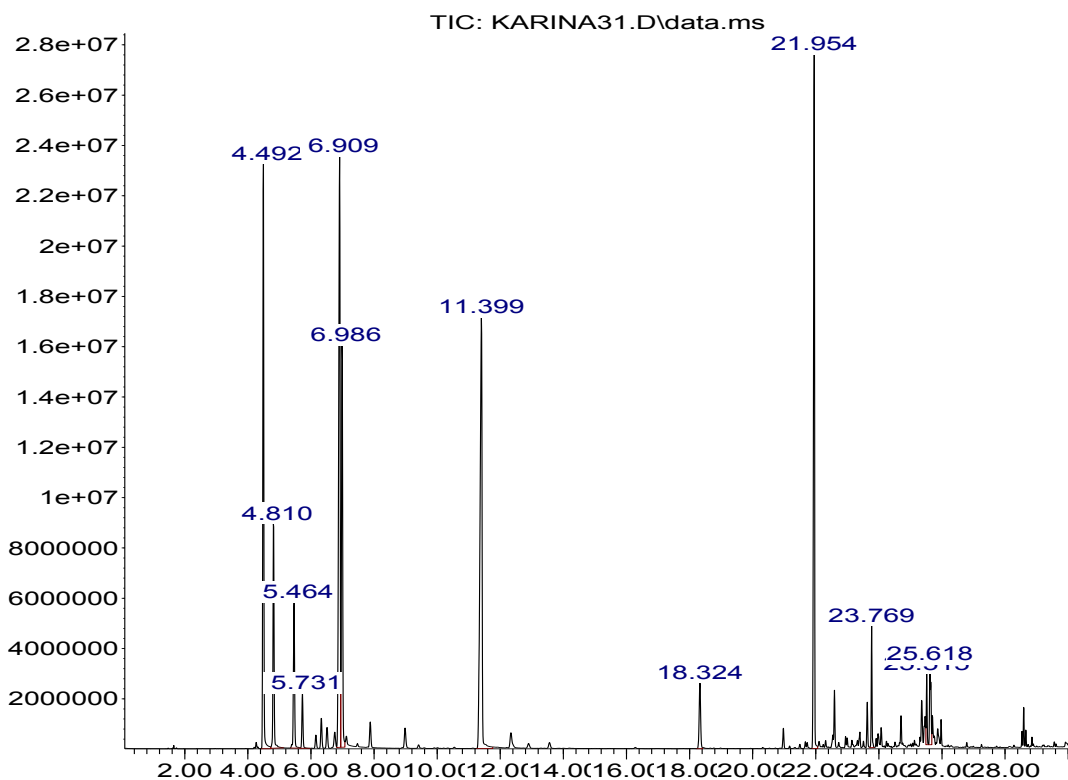


Time-->

peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.484	13.49	5.691
2	Canfeno	Camphene	4.811	12.73	5.371
3	β -Pineno	β -Pinene	5.464	8.75	3.693
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.731	3.84	1.620
5	3-Careno	3-Carene	6.333	3.37	1.423
6	Limoneno	Limonene	6.901	11.07	4.669
7	Eucaliptol	Eucalyptol	7.004	69.10	29.150
8	Terpinoleno	Terpinolen	8.982	2.64	1.114
9	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.451	100.00	42.183
10	α -Terpineol	α -Terpineol	13.550	2.56	1.079
11	Cariofileno	Caryophyllene	21.928	2.69	1.134
12	δ -Cadinano	δ -Cadinane	23.769	4.20	1.773
13	α -Cadinol	α -Cadinol	25.645	2.61	1.099

Anexo 8.- CG-EM de SAVA

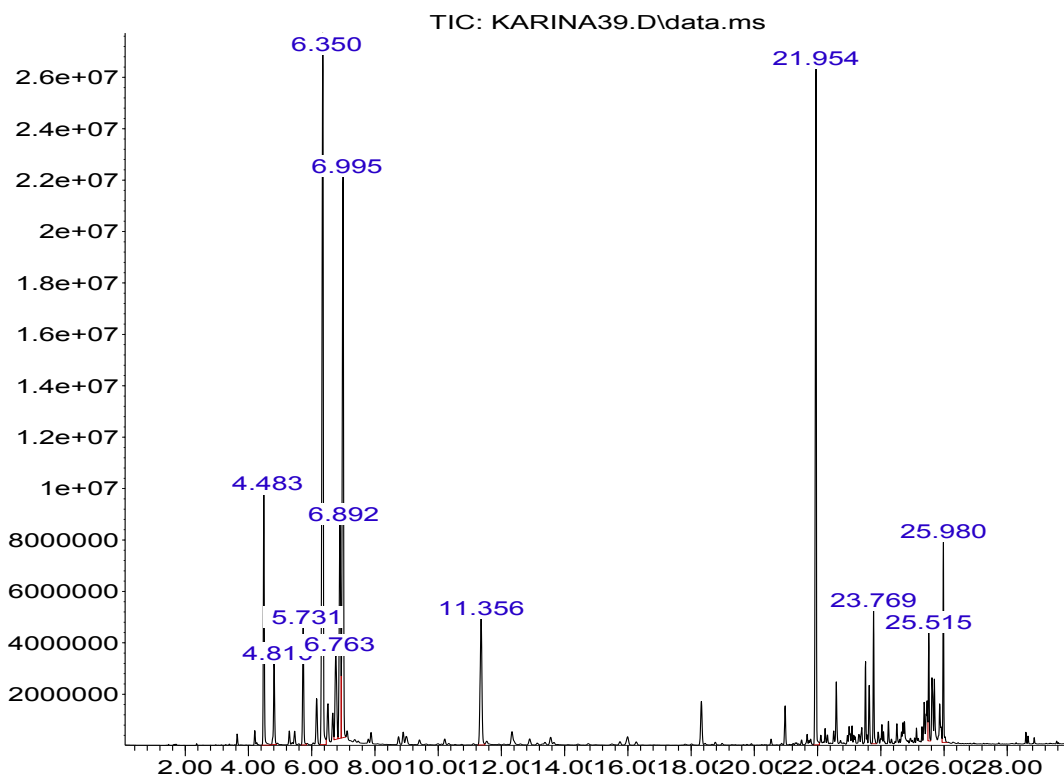
Abundance



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pinenos	α -Pinene	4.492	68.02	13.552
2	Canfeno	Camphene	4.810	28.10	5.600
3	β -Pinenos	β -Pinene	5.464	19.06	3.797
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.731	6.92	1.379
5	Limoneno	Limonene	6.909	98.97	19.720
6	Eucaliptol	Eucalyptol	6.986	54.45	10.849
7	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.399	100.00	19.925
8	Acetato de Borneol	Borneol acetate	18.324	10.82	2.156
9	Cariofileno	Caryophyllene	21.954	85.70	17.076
10	δ -Cadineno	δ -Cadinene	23.769	11.02	2.195
11	tau-Cadinol	tau-Cadinol	25.515	6.24	1.243
12	α -Bisabolol	α -Bisabolol	25.618	12.58	2.507

Anexo 9.- CG-EM de SMVA

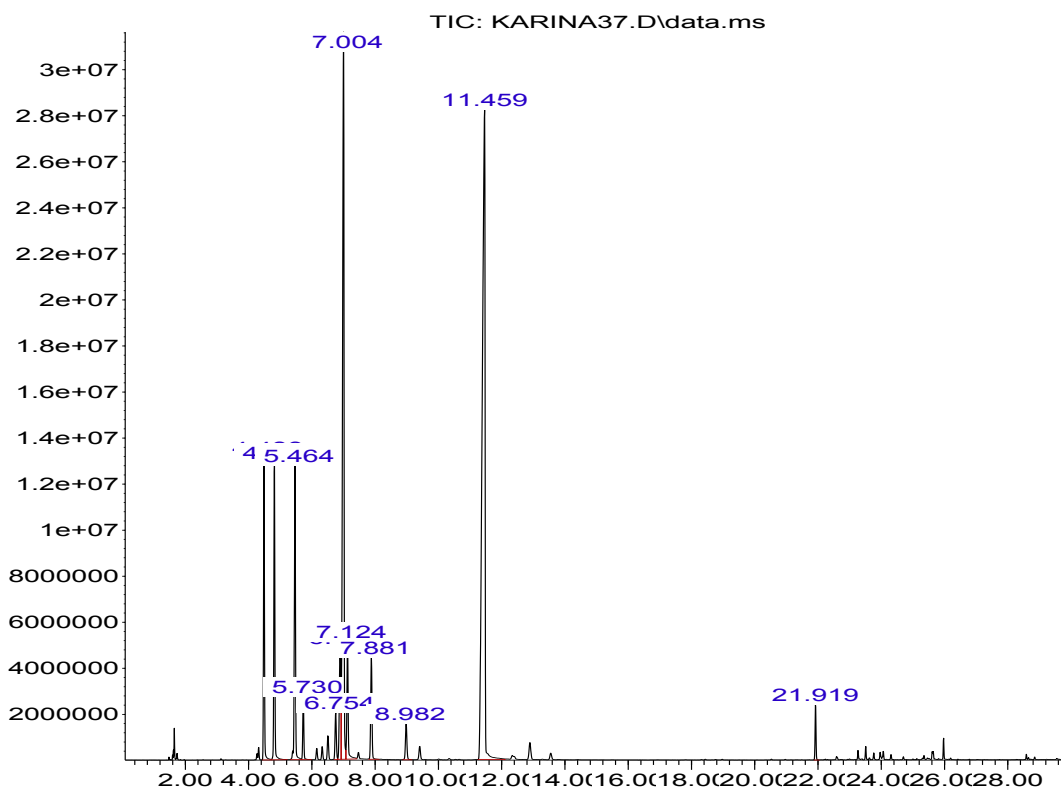
Abundance



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pino	α -Pinene	4.483	26.06	6.412
2	Canfor	Camphene	4.810	9.27	2.280
3	β -Mirceno	β -Myrcene	5.731	13.49	3.319
4	3-Careno	3-Carene	6.350	100.00	24.604
5	o-Cimeno	o-Cymene	6.763	14.46	3.557
6	Limoneno	Limonene	6.892	32.95	8.108
7	Eucaliptol	Eucalyptol	6.995	76.11	18.726
8	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.356	22.56	5.551
9	Cariofileno	Caryophyllene	21.954	75.30	18.528
10	δ -Cadineno	δ -Cadinene	23.769	11.40	2.805
11	tau-Cadinol	tau-Cadinol	25.515	8.96	2.204
12	α -Bisabolol	α -Bisabolol	25.980	15.88	3.908

Anexo 10.- CG-EM de SPVA

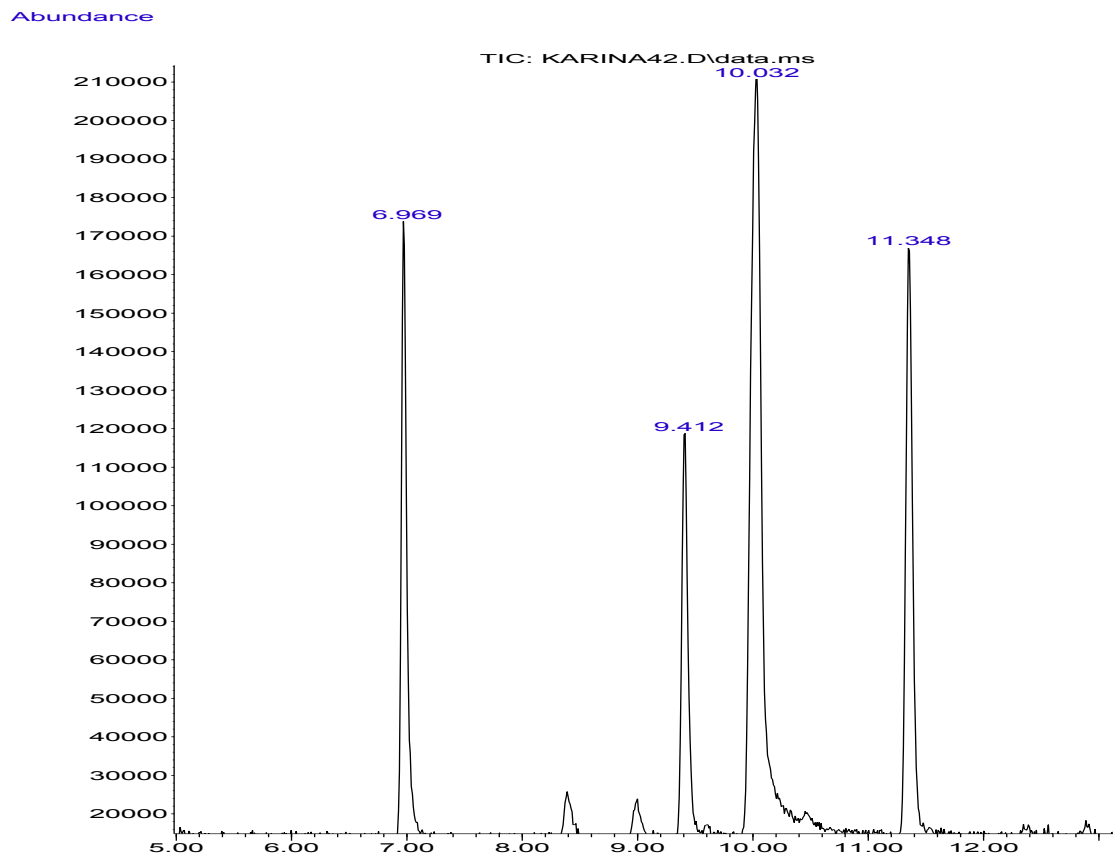
Abundance



Time-->

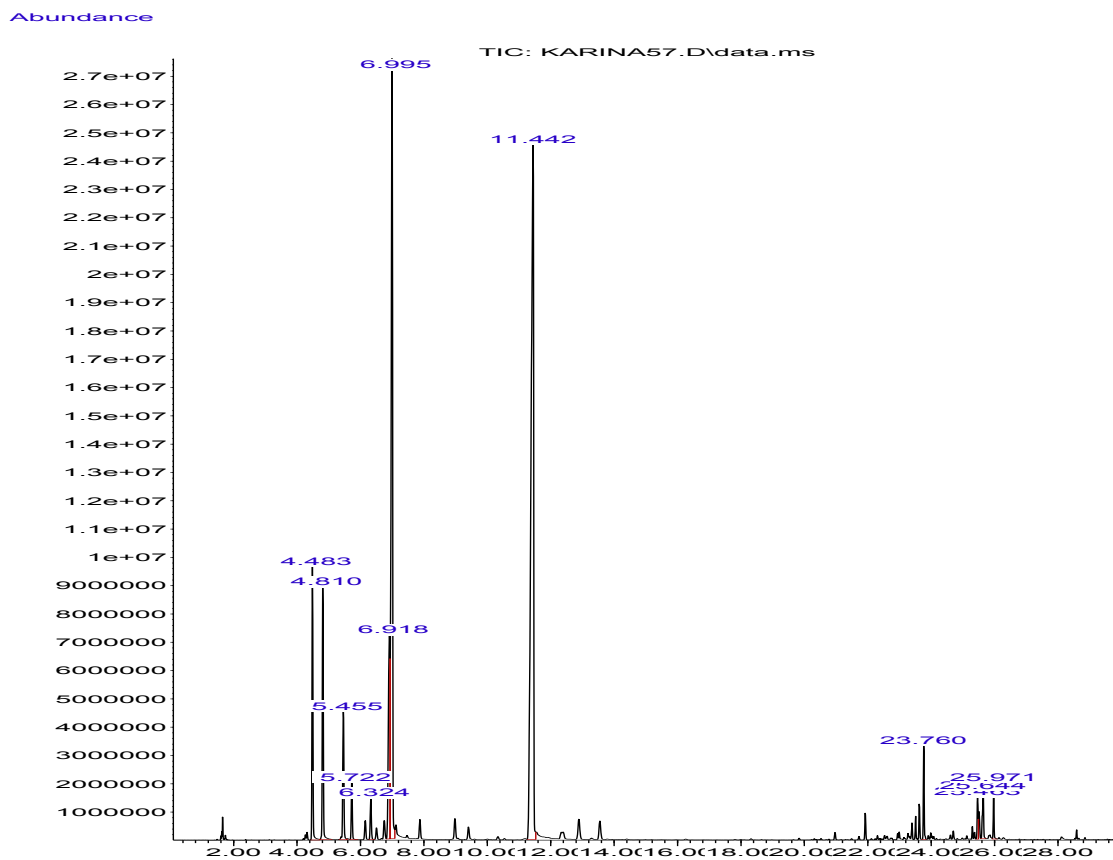
peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.483	15.58	6.296
2	Canfeno	Camphene	4.810	16.88	6.821
3	β -Pineno	β -Pinene	5.455	17.79	7.191
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.722	3.70	1.495
5	o-Cimeno	o-Cymene	6.746	3.25	1.315
6	Limoneno	Limonene	6.883	9.47	3.826
7	Eucaliptol	Eucalyptol	6.995	59.44	24.023
8	β - <i>trans</i> -Ocimene	β - <i>trans</i> -Ocimene	7.124	8.40	3.396
9	γ -Terpineno	γ -Terpinen	7.872	7.21	2.915
10	Terpinoleno	Terpinolen	8.973	2.90	1.172
11	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.451	100.00	40.417
12	Cariofileno	Caryophyllene	21.919	2.80	1.134

Anexo 11.- CG-EM de SMEOA



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	Eucaliptol	Eucalyptol	6.969	40.03	18.380
2	Linalol	Linalol	9.412	30.69	14.092
3	Alcohol fenilético	Phenylethyl alcohol	10.032	100.00	45.920
4	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.348	47.06	21.608

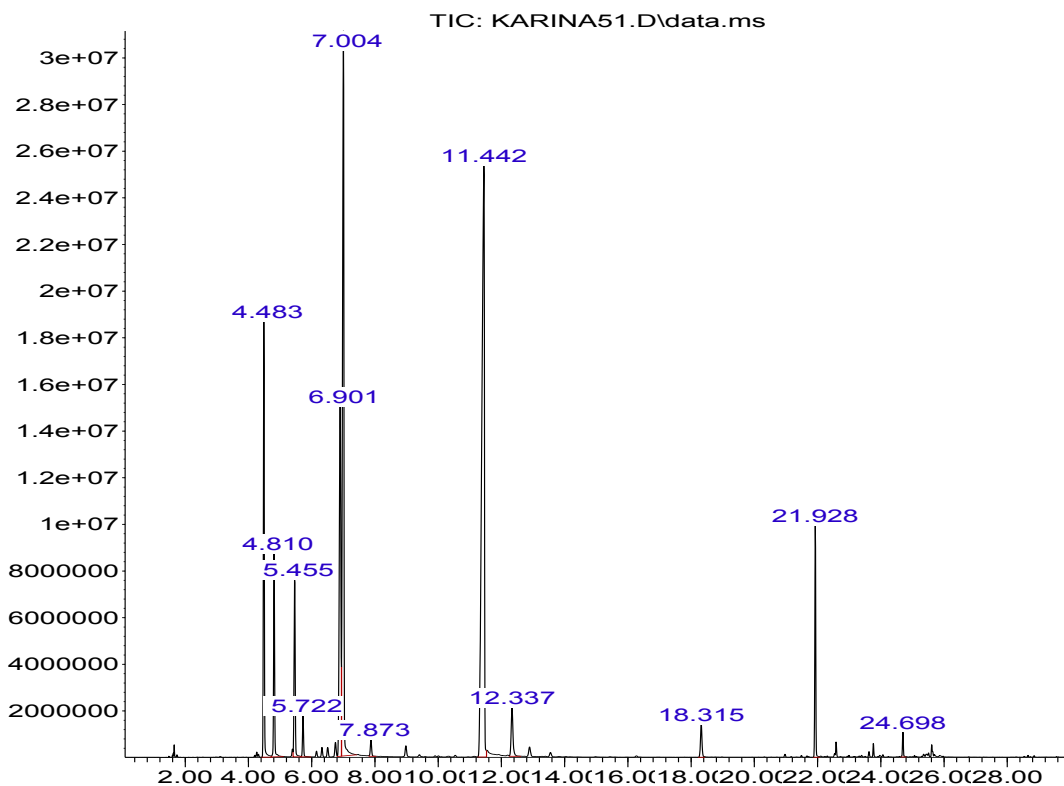
Anexo 12.- CG-EM de SCOA



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pino	α -Pinene	4.483	14.18	5.990
2	Canfeno	Camphene	4.810	14.25	6.020
3	β -Pino	β -Pinene	5.455	7.81	3.298
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.722	3.38	1.428
5	3-Careno	3-Carene	6.324	2.61	1.101
6	Limoneno	Limonene	6.918	19.36	8.177
7	Eucaliptol	Eucalyptol	6.995	63.10	26.649
8	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.442	100.00	42.233
9	δ -Cadinano	δ -Cadinane	23.760	4.30	1.816
10	tau-Cadinol	tau-Cadinol	25.463	2.41	1.018
11	α -Cadinol	α -Cadinol	25.644	3.11	1.313
12	α -Bisabolol	α -Bisabolol	25.971	2.27	0.957

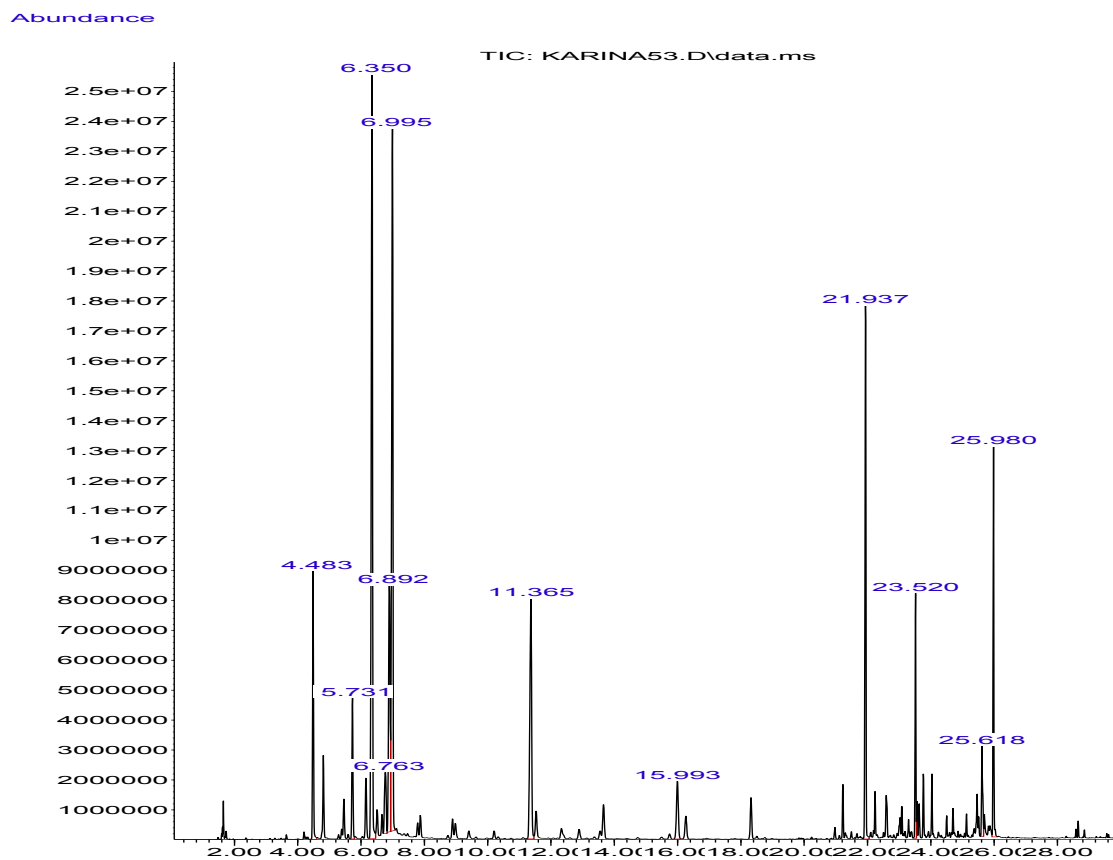
Anexo 13.- CG-EM de SAOA

Abundance



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.483	26.72	9.394
2	Canfeno	Camphene	4.810	13.15	4.626
3	β -Pineno	β -Pinene	5.455	12.46	4.383
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.722	2.87	1.010
5	Limoneno	Limonene	6.901	36.55	12.851
6	Eucaliptol	Eucalyptol	7.004	67.04	23.573
7	γ -Terpineno	γ -Terpinen	7.873	1.39	0.488
8	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.442	100.00	35.164
9	Borneol	Borneol	12.337	5.66	1.990
10	Acetato de Borneol	Borneol acetate	18.315	3.19	1.123
11	Cariofileno	Caryophyllene	21.928	14.01	4.926
12	Epóxido de cariofileno	Caryophyllene epoxide	24.698	1.34	0.471

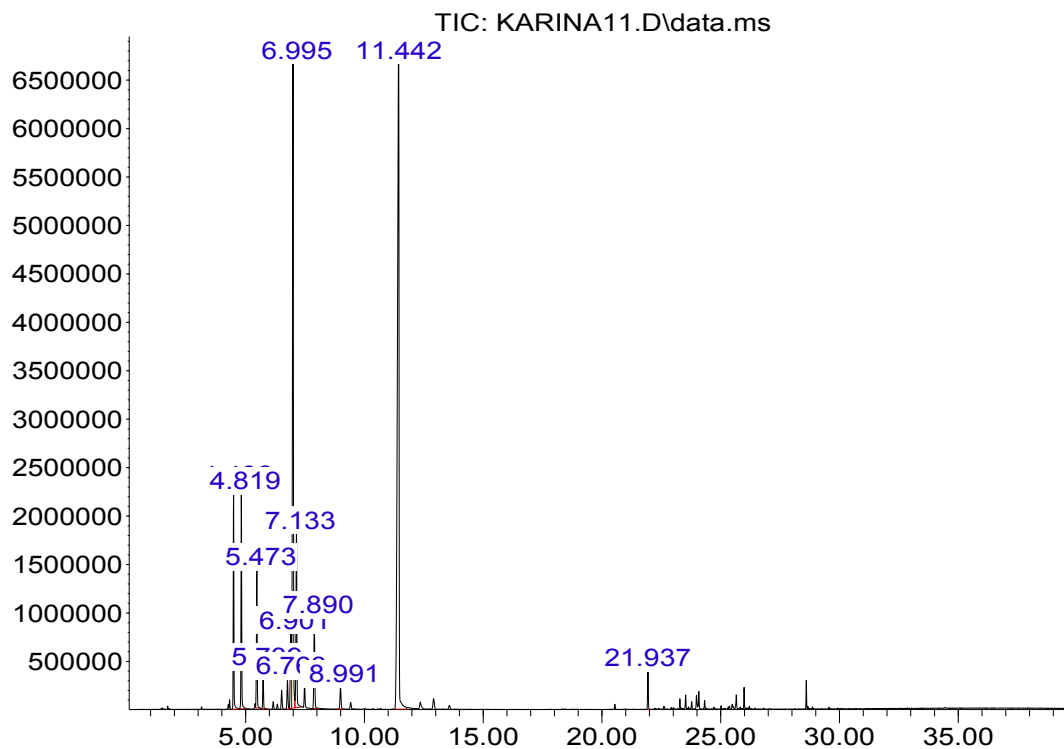
Anexo 14.- CG-EM de SMOA



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.483	24.88	5.591
2	β -Mirceno	β -Myrcene	5.731	14.93	3.355
3	3-Careno	3-Carene	6.350	100.00	22.470
4	o-Cimeno	o-Cymene	6.763	10.36	2.328
5	Limoneno	Limonene	6.892	38.32	8.610
6	Eucaliptol	Eucalyptol	6.995	91.08	20.465
7	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.365	41.45	9.314
8	2-Metilbutanoato de hexilo	2-MethylButanoic acid hexyl ester	15.993	10.59	2.380
9	Cariofileno	Caryophyllene	21.937	53.54	12.031
10	β -Bisaboleno	β -Bisabolene	23.520	19.04	4.278
11	β -Eudesmol	β -Eudesmol	25.618	10.19	2.289
12	α -Bisabolol	α -Bisabolol	25.980	30.66	6.889

Anexo 15.- CG-EM de SPOA

Abundance

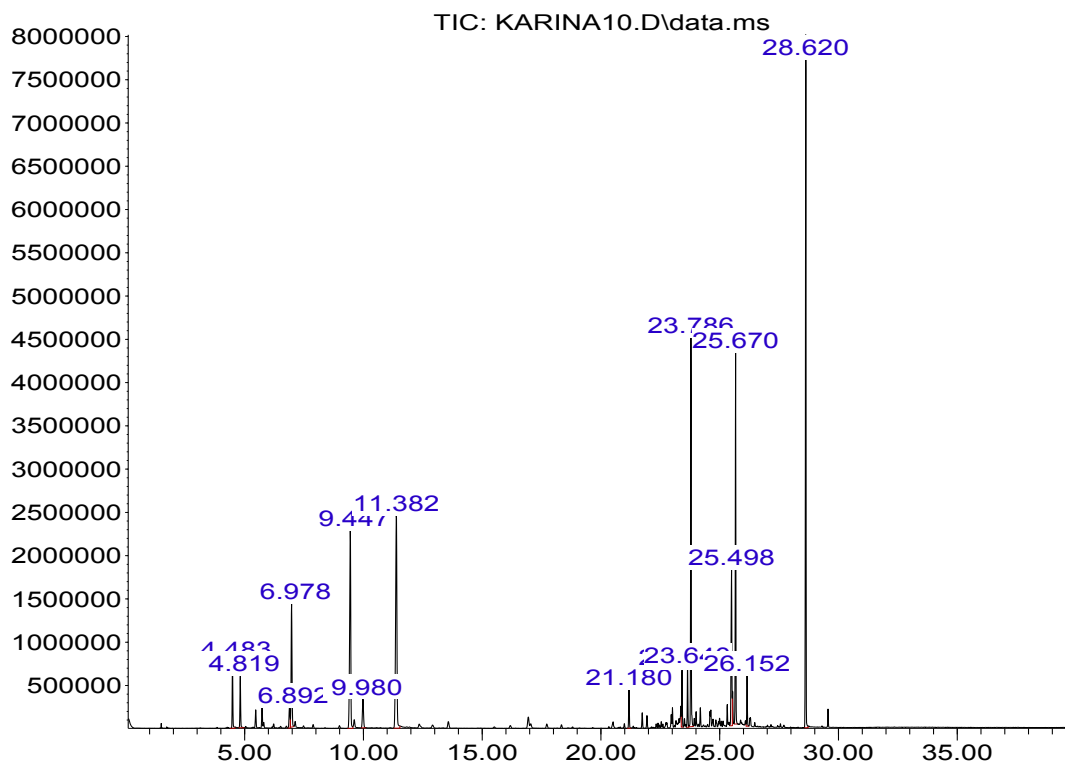


Time-->

peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.492	13.55	5.802
2	canfeno	Camphene	4.819	13.78	53899
3	β -Pineno	β -Pinene	5.473	9.64	4.127
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.739	2.77	1.184
5	o-Cimeno	o-Cymene	6.763	2.44	1.044
6	Limoneno	Limonene	6.901	7.87	3.370
7	Eucaliptol	Eucalyptol	6.995	55.97	23.959
8	β - <i>trans</i> -Ocimeno	β - <i>trans</i> -Ocimene	7.133	14.96	6.405
9	γ -Terpineno	γ -Terpinen	7.890	7.92	3.390
10	Terpinoleno	Terpinolen	8.991	2.22	0.952
11	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.442	100.00	42.809
12	Cariofileno	Caryophyllene	21.937	2.47	1.058

Anexo 16.- CG-EM de SMEIA

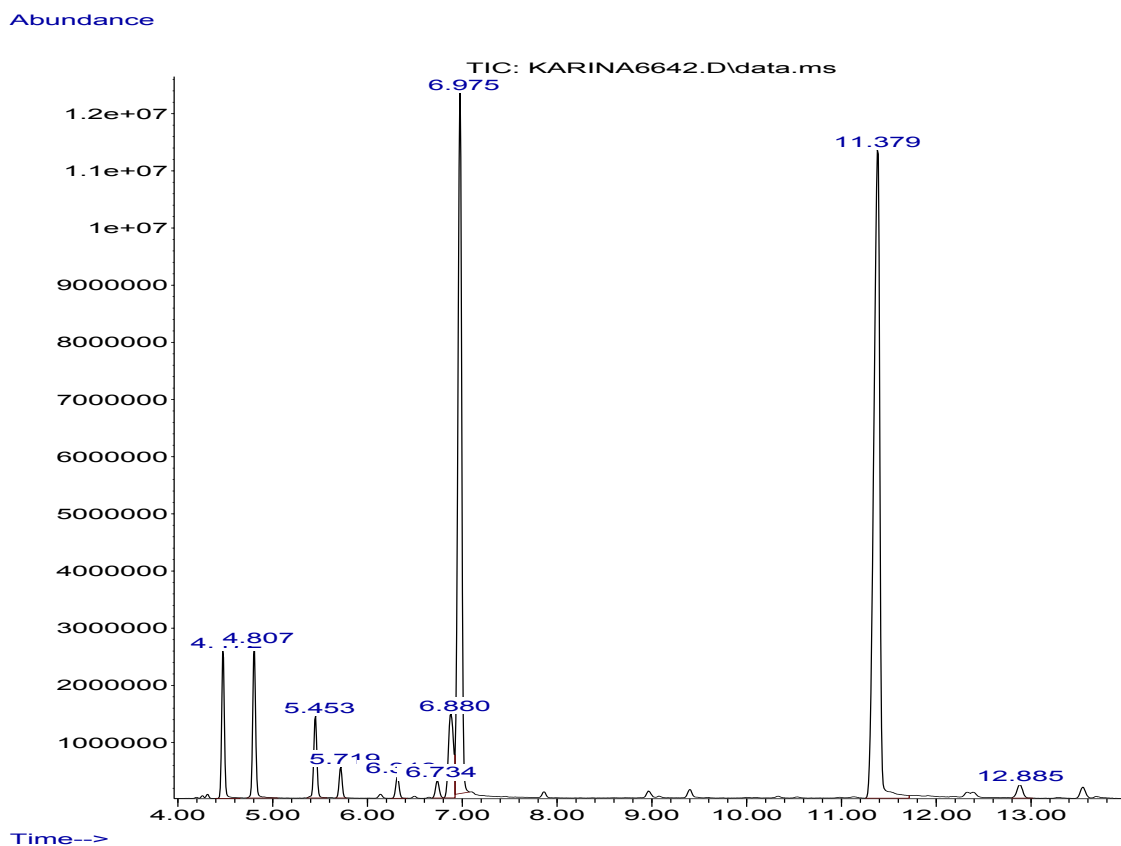
Abundance



Time-->

peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.483	10.52	2.427
2	Canfeno	Camphene	4.819	8.17	1.885
3	Limoneno	Limonene	6.892	5.05	1.165
4	Eucaliptol	Eucalyptol	6.978	25.29	5.838
5	Linalol	Linalol	9.447	50.79	11.721
6	Alcohol fenilético	Phenylethyl alcohol	9.980	7.49	1.727
7	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.382	63.98	14.767
8	Acetato de geraniol	Geraniol acetate	21.180	5.93	1.368
9	α -Muuroleno	α -Muurolene	23.416	8.42	1.944
10	γ -Cadineno	γ -Cadinene	23.640	8.67	2.000
11	δ -Cadineno	δ -Cadinene	23.786	55.15	12.729
12	tau-Cadinol	tau-Cadinol	25.498	29.50	6.808
13	α -Cadinol	α -Cadinol	25.670	47.63	10.992
14	Carotol	Carotol	26.152	6.71	1.549
15	Feniletil fenilacetato	Phenylethyl phenylacetate	28.620	100.00	23.079

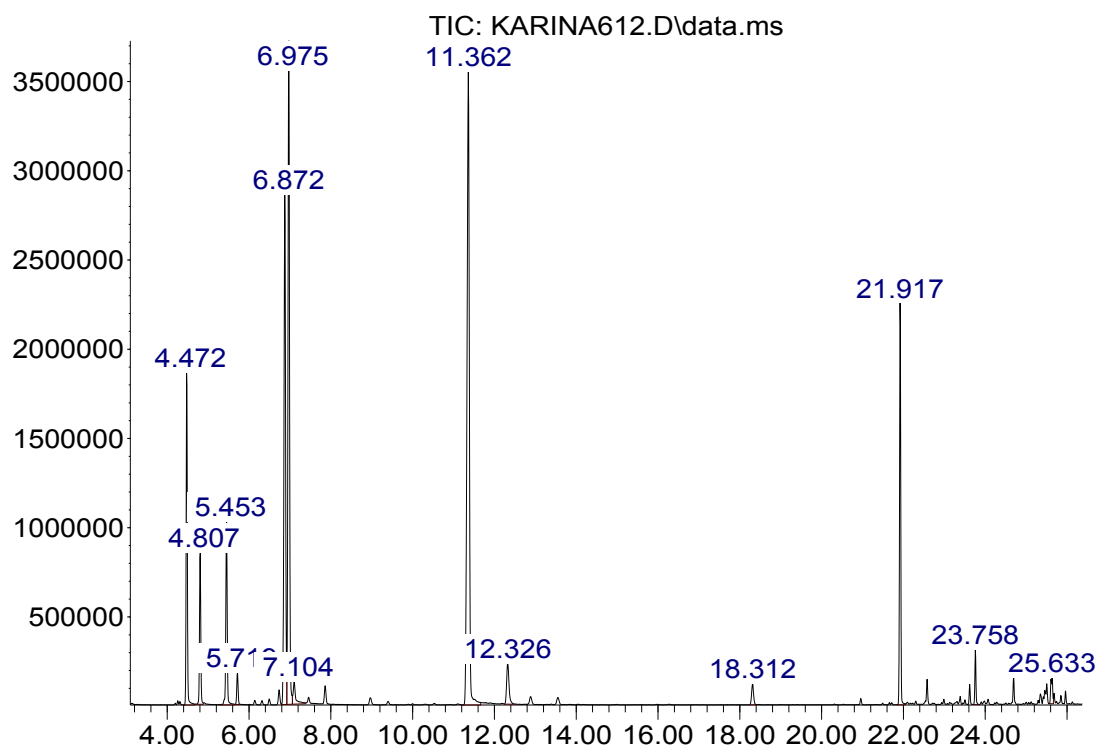
Anexo 17.- CG-EM de SCIA



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.472	10.67	4.945
2	canfeno	Camphene	4.807	11.59	5.371
3	β -Pineno	β -Pinene	5.453	6.74	3.126
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.719	2.41	1.119
5	3-Careno	3-Carene	6.313	1.92	0.891
6	o-Cimeno	o-Cymene	6.734	1.67	0.776
7	Limoneno	Limonene	6.880	11.50	5.332
8	Eucaliptol	Eucalyptol	6.975	67.18	31.143
9	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.379	100.00	46.355
10	Terpinen-4-ol, 4-terpineol	Terpinen-4-ol	12.885	2.03	0.943

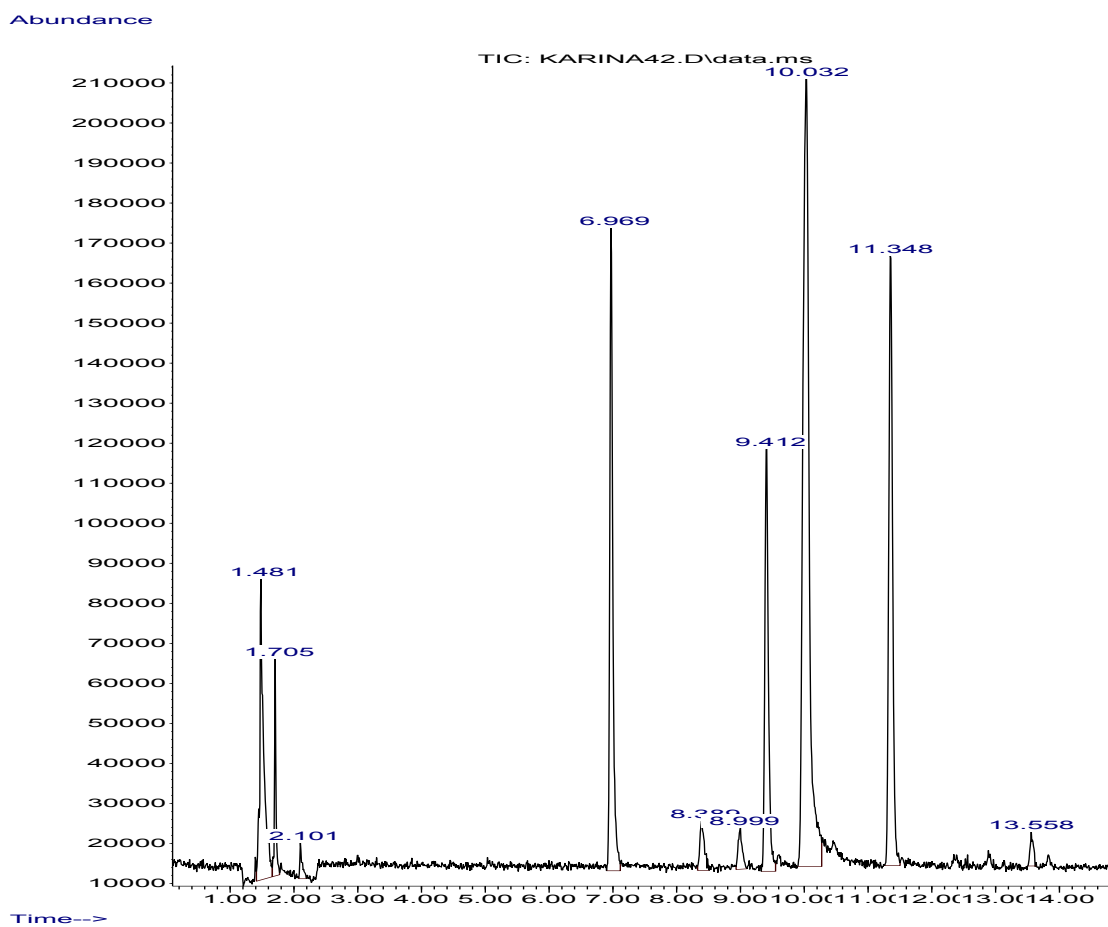
Anexo 18.- CG-EM de SAIA

Abundance



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	α -Pineno	α -Pinene	4.472	27.66	8.038
2	canfeno	Camphene	4.807	13.27	3.856
3	β -Pineno	β -Pinene	5.453	17.98	5.224
4	β -Mirceno	β -Myrcene	5.719	2.94	0.853
5	Limoneno	Limonene	6.872	56.99	16.562
6	Eucaliptol	Eucalyptol	6.975	71.29	20.719
7	β - <i>trans</i> -Ocimene	β - <i>trans</i> -Ocimene	7.104	3.81	1.106
8	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.362	100.00	29.060
9	Borneol	Borneol	12.326	6.72	1.954
10	Acetato de Borneol	Borneol acetate	18.312	2.78	0.807
11	Cariofileno	Caryophyllene	21.917	33.19	9.644
12	δ -Cadinano	δ -Cadinane	23.758	4.00	1.162
13	α -Cadinol	α -Cadinol	25.633	3.49	1.014

Anexo 19.- CG-EM de SMIA



peak #	Identificación	Name	R.T. min	corr. % max.	% of total
1	Eucaliptol	Eucalyptol	6.969	42.59	18.359
2	Linalol	Linalol	9.404	28.35	12.221
3	Alcohol fenilético	Phenylethyl alcohol	10.040	100.00	43.107
4	Canfor, Alcanfor	Camphor	11.348	50.22	21.648
5	α -Terpineol	α -Terpineol	13.567	2.97	1.280

Anexo 20.- CG-EM de SPIA



TÉCNICAS EXPERIMENTALES



INSTRUMENTACIÓN

Espectroscopía Ultravioleta (UV)

Las mediciones de absorbancia del método de decoloración oxidativa del β -caroteno y reducción del radical libre DPPH, se realizaron en un espectrofotómetro THERMO SCIENTIFIC, modelo Genesys 20, en celdas de cuarzo de 10 mm. Como disolvente se empleó metanol, etanol y agua destilada. Los valores de absorbancia (λ) se expresan en nm.

Cromatografía de Gases - Espectrometría de Masas

Los espectros de masas, fueron realizados empleando las técnicas de ionización por impacto electrónico (EI), se empleó el equipo Agilent Technologies 7890A / 5975C, con voltaje de 70 Ev. Las dimensiones de la columna capilar: 30m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m, el volumen de inyección del aceite fue de 0.5 μ L, con una dilución con gas 1:2000, la temperatura de columna fue de 70°C, la temperatura del inyector de 250°C y una rampa de columna desde 70°C hasta 100°C a 2°C/min. posteriormente de 100°C hasta 250°C a 10°C/min. Esta metodología fue utilizada para todos los aceites, por cada estación.