

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería



**“Caracterización química y evaluación
antioxidante del aceite esencial de *Salvia
pachyphylla*”**

**Que para obtener el título de
Químico Industrial**

Presenta:

Michelle Aline Espíndola Ordóñez

TIJUANA B.C., ABRIL DEL 2017

Agradecimientos a:

Mi familia: Primeramente quiero agradecer a mi mamá por todo el apoyo que me ha dado durante toda mi vida y en este camino tan largo que ha sido mi educación así como en todas las cosas que yo quiero hacer, por ayudarme a cumplir mis metas por inculcarme que debo ser responsable en todas las cosas que haga y constante y gracias a eso yo estoy aquí terminando mi carrera e iniciando mi vida profesional mami te amo, gracias a ti soy lo que soy ahora, eres la mejor mamá del mundo, jamás tendré como pagarte esto que has hecho por mí. También quiero agradecer a mis tías porque también han estado ahí apoyándome en mi carrera profesional y por confiar en mis conocimientos, a mi hermana y a mis sobrinos por darme motivación para seguir adelante y a mi hermanito Andrei y por ultimo a toda la familia que se encuentra en México que sé que aunque están lejos me están apoyando.

Maestros: Muchas gracias por toda esa amabilidad, solidaridad, paciencia y sobre todo la amistad que me han brindado así como también el apoyo muchas gracias por todo lo que me han enseñado en especial a la Doctora Eugenia Gabriela Carrillo Cedillo por haberme aceptado en su laboratorio que gracias a ello eh aprendido a amar mi carrera y tener esa pasión por ella, y al profesor Enrique Bermúdez Encarnación por todo el apoyo que me brindo cuando necesitaba de un amigo.

Doctor Iván Córdova Guerrero; Muchas gracias por haberme aceptado en el laboratorio por haber creído en mí y confiar en que terminaría esto con mucha seriedad y responsabilidad, muchas gracias por transmitir toda emoción y pasión respecto a esta área que son los productos naturales que es un área muy hermosa, me ha enseñado cosas muy interesantes. Por sus palabras de aliento que me daba cada que teníamos las pláticas respecto a la tesis que cada vez me llenaba más de emoción y ganas de seguir adelante y sobre todo gracias por su paciencia.

Mis compañeros del laboratorio de investigación química medicinal y productos naturales: Muchas gracias porque desde el primer día todos fueron muy amables conmigo y muy solidarios me gustó mucho haber trabajado con todos ustedes y sobre todo haberlos conocido más, los quiero mucho a todos gracias por todo el apoyo que me han brindado y saben que también pueden contar conmigo en lo que necesiten gracias por todos esos momentos divertidos durante las recolectas son unos loquitos. Muchas

gracias Diego, Jesús, Damián, Adrián, Eduardo, Jessica y en especial a la Maestra Laura Díaz por ser tan paciente conmigo, por su amabilidad y por darme ese apoyo y palabras de aliento en esos momentos de estrés y por todas sus enseñanzas también esos sustos que me daba de vez en cuando para no dormirme en el laboratorio.

Amigos: Muchas gracias por haberme dado también su apoyo durante la carrera los quiero mucho, fue muy divertido haber pasado todas estas locuras con todos ustedes, por darme ánimos cuando lo necesitaba por escucharme cuando tenía problemas, y por sus consejos.

Oscar Alfaro: Muchas gracias por el apoyo, paciencia que me tuviste durante toda la carrera por regañarme cuando no quería hacer la tarea por querer que fuera una profesional de éxito, por ayudarme a ser una mejor persona y una mejor química te amo.

Universidad Autónoma de Baja California: Muchas gracias por haber traído todas estas cosas a mi vida por dejarme ser parte de ti por darme todos mis maestros, amigos, aventuras, etc. y ser orgullosamente cimarrón mi corazón.

“Cada gran sueño comienza con un soñador. Recuerda siempre, que tú tienes en tu interior la fuerza, la paciencia y la pasión para alcanzar las estrellas para cambiar el mundo”

Harriet Tubman

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a Salvia species, with the word "RESUMEN" overlaid in the center. The flower spike is composed of several clusters of small, tubular flowers. The background is a soft-focus green, suggesting foliage. The word "RESUMEN" is written in a bold, black, sans-serif font, centered horizontally and vertically over the middle of the flower spike.

RESUMEN

Resumen

En este documento de investigación se presentan pruebas de actividad antioxidante y biológica del aceite esencial obtenido de la parte aérea de la planta *Salvia pachyphylla* recolectada en la Sierra de Juárez, Baja California.


En la introducción de esta tesis se presenta y la importancia de las plantas medicinales desde tiempos antiguos hasta la actualidad a continuación se muestran las generalidades donde se pueden encontrar algunos estudios que se realizaron a diversas *Salvias* anteriormente y que nos pueden ayudar a una mejor comprensión del contenido de este trabajo, que incluye la evaluación de aceites esenciales mediante experimentos de tipo antioxidante.

En la metodología podemos encontrar los datos relevantes sobre la recolecta del materia vegetal, el proceso de obtención del aceite esencial y la caracterización de su composición química. Un segundo apartado se encuentran los estudios biológicos realizados al aceite, 3 técnicas antioxidantes: la decoloración oxidativa del β -caroteno, la reducción del radical DPPH y radical catiónico ABTS.

Y para finalizar se encuentran los resultados y conclusiones de este trabajo donde se indica como resultado medular la actividad antioxidante de dicha planta

Índice

Índice de tablas y gráficas.....	I
Índice de figuras.....	II
Abreviaturas y acrónimos.....	III
1. INTRODUCCIÓN	
Plantas medicinales.....	1
Historia de las plantas medicinales.....	2
2. HIPÓTESIS.....	6
3. OBJETIVO GENERAL Y PARTICULARES.....	7
4. ANTECEDENTES	
Familia <i>Lamiaceae</i>	8
Género <i>Salvia</i>	9
Uso medicinal de las <i>Salvias</i>	12
<i>Salvias</i> de Baja California.....	14
Aceites esenciales de <i>Salvias</i>	17
Efectos insecticidas, antifúngicos y antibacterianos de los aceites esenciales.....	19
<i>Salvia pachyphylla</i>	20
5. MATERIALES Y METODOS	
5.1. Recolección e identificación taxonómica.....	23
5.2. Tratamiento del material vegetal.....	23
6. TECNICAS EXPERIMENTALES.....	24
7. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	
Evaluación antioxidante.....	26
Radicales libres.....	26
Pruebas antioxidantes (decoloración oxidativa del β -caroteno, reducción del radical DPPH y neutralización del radical catiónico ABTS).....	28
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
Resultados de la composición química.....	36
Resultados de la decoloración oxidativa β -caroteno.....	39
Reducción del radical DPPH y neutralización del radical catiónico ABTS.....	40
7. CONCLUSIONES.....	44
8. BIBLIOGRAFÍA.....	45



**ÍNDICE DE
TABLAS y
GRÁFICAS**

Índice

Tablas y gráficas

Tabla 1. Resultados de rendimientos.....	35
Tabla 2. Componentes del aceite esencial de <i>Salvia pachyphylla</i>.....	35
Tabla 3. Resultados de decoloración oxidativa de β-caroteno.....	39
Tabla 4. Resultados de actividades antioxidantes DPPH Y ABTS.....	40
Gráfica 1 DPPH.....	41
Gráfica 2 Radical catiónico ABTS.....	42

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a plant like Salvia or Lavandula, with green foliage in the background. The text "ÍNDICE DE FIGURAS" is overlaid in the center of the image.

ÍNDICE DE FIGURAS

Índice de figuras

Fig. 1 Hombre Neolítico.....	2
Fig. 2 Dioscórides y su Materia médica son un referente de la medicina tradicional.....	3
Fig.3 Tikal un gobernante presenta ofrendas en un vaso a Itzam'na e Ix'ch'el los dioses de la Medicina.....	4
Fig. 4 Localidades indígenas.....	12
Fig. 5 <i>Salvias</i> de Baja California.....	14
Fig. 6 <i>Salvia clevelandii</i>	15
Fig. 7 <i>Salvia mellifera</i>	15
Fig. 8 <i>Salvia apiana</i>	16
Fig. 9 Aceite esencial.....	17
Fig. 10 <i>Salvia pachyphylla</i>	20
Fig. 11 Chaparral de <i>Salvia pachyphylla</i> en Sierra de Juárez.....	23
Fig. 12 Metodología para obtener el aceite esencial.....	24
Fig. 13 Espectrofotómetro UV-VIS.....	25
Fig. 14 Mecanismo antioxidante.....	26
Fig. 15 Harman.....	27
Fig. 16 β -caroteno.....	28
Fig. 17 Radical DPPH.....	30
Fig. 18 Radical catiónico ABTS.....	32
Fig. 19 3-Careno.....	36
Fig. 20 Eucaliptol.....	36
Fig. 21 Limoneno.....	36
Fig. 22 Alcanfor.....	36



**ABREVIATURAS
Y ACRÓNIMOS**

Abreviaturas y acrónimos

°C: Grados centígrados

S.: *salvia*

Abs: Absorbancia

Ac: Absorbancia de la muestra control

Ac₀: Absorbancia de la muestra a 0 minutos.

Ac₁₂₀: Absorbancia de la muestra a 120 minutos.

Am: Absorbancia de la muestra.

Am₀: Absorbancia de la muestra a 0 minutos.

Am₁₂₀: Absorbancia de la muestra a 120 minutos.

B.C: Baja California

Cm: Centímetro

cm³: Centímetros cúbicos

DPPH: Dipicril-fenil-hidrazilo (por sus siglas en inglés)

EM: Espectrometría de masas

EM-CG: Espectrometría de masas- cromatografía de gases

etc.: Etcétera

g: gramo

IC₅₀: Concentración media inhibitoria

CE₅₀: concentración efectiva media

Kg: Kilogramo

L: Litro

M: Molar

Mg: Miligramos

min: Minutos

mL: Mililitros

nm: Nanómetros

pH: Potencial de hidrógeno

t: Tiempo

UV: Ultravioleta

VIS: Visible

v/v: volumen/volumen

p/p: peso/peso

p/v: peso/volumen

***et al.*: Y otros más**

β: Beta

μg: Microgramos

μM: Micromolar

μL: Microlitro

CMI: Concentración mínima inhibitoria

mm: Milímetros

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a Salvia species, with the word "INTRODUCCIÓN" overlaid in large, bold, black capital letters. The background is a soft-focus green, suggesting foliage. The flower spike is the central focus, showing individual small flowers in detail. The text is centered horizontally and vertically over the middle of the image.

INTRODUCCIÓN

Las plantas medicinales

El concepto de planta medicinal se refiere a toda aquella planta que presenta propiedades curativas. Se calcula que de las 260,000 especies de plantas que se conocen en la actualidad el 10% se pueden considerar medicinales, es decir, se encuentran dentro de los tratados médicos de fitoterapia, modernos y de épocas pasadas, por presentar algún uso. El estudio de los componentes de las plantas medicinales se centra en las sustancias que ejercen una acción farmacológica sobre el ser humano o los seres vivos. Los principios activos de las plantas pueden ser sustancias simples (como alcaloides) o bien mezclas complejas (resinas, aceites esenciales, etc.).^[1]

Las plantas con atributos medicinales fueron las primeras medicinas utilizadas en forma empírica para la cura de enfermedades que padecía el hombre; así diferenciaron las que curaban de las que mataban, conocimientos transmitidos oralmente por la carencia de escritura. Al desarrollarse la escritura y con la aparición del papiro como soporte de la misma se comenzó a recopilar información, convirtiéndose en patrimonio de la sociedad por las cuales ha atravesado la humanidad hasta nuestros días. ^[2]

El aprovechamiento por el hombre de las plantas medicinales consta en numerosos testimonios escritos pertenecientes a distintas civilizaciones y culturas. La medicina tradicional practicada desde los albores de la humanidad a través de errores y aciertos fue utilizada en la prevención, diagnóstico y eliminación de desequilibrios físicos, mentales o sociales, obtenidas exclusivamente sobre la experiencia práctica y observación, y empirismo transmitido a través de generaciones.^[2]

Historia de las plantas medicinales



Fig 1 Hombre Neolítico

Seguramente, la búsqueda de alimento en el reino vegetal, llevó al hombre a descubrir por azar que algunas plantas en lugar de ser comestibles eran venenosas, mientras que otras le producían efectos diversos: aliviar el dolor de una articulación, aumentar el sudor, o les hacían defecar con mayor facilidad.^[3]

En el periodo neolítico, el hombre se vuelve sedentario y aparece la agricultura, se cultivan granos y plantas como el hinojo y el cilantro, las que se utilizaban como condimentos. También se inicia la fermentación de ciertos cereales con la ayuda de semillas aromáticas como el comino y el anís, se intenta realzar el sabor con hierbas aromáticas y se descubren sabores como el de la angélica y los frutos de la uva.^[4]

Antes del nacimiento de la escritura, todos los conocimientos se transmitían oralmente, recién alrededor del año 2800 a.C. se encuentra el primer documento escrito que registra el uso de las plantas medicinales. Aparece en unas tablillas de arcilla en escritura cuneiforme pertenecientes a la cultura de los Sumerios, un pueblo que vivía al sur de los ríos Éufrates y Tigris en el actual Irak hace unos 4.000 años. Los egipcios aislaron más de 700 fórmulas sobre estas plantas recopiladas en el papiro de Ebers, y en China el *Pent Sao* y se le atribuye al emperador chino Shen Nung que reinó en el siglo XXVII a.C., donde se describen y clasifican 366 hierbas con aplicaciones medicinales para aquella época.^[3]

Los griegos usaban plantas aromáticas en su medicina y las incorporaron a su mitología tejiendo leyendas, como la de Dafne convertida en laurel y la de la hechicera Medea y sus encantamientos a base de plantas aromáticas. Homero menciona en su *Odisea* jardines compuestos de plantas aromáticas y especias.^[4]

El siglo XVII marcó el apogeo de las plantas medicinales y aromáticas, que hasta entonces se emplearon de manera limitada como medicina; su número había aumentado,

pues aparecieron otras como la manigueta de Guinea y el anís estrellado de China. A finales del siglo XVIII, su valor principal era el curativo. [4]

Pero se considera que los grandes precursores de las plantas medicinales fueron los griegos, que recopilaron todos los escritos que se habían realizado hasta el momento. La obra *Materia médica* de Dioscóridos recoge estos conocimientos en cinco volúmenes. En el siglo XV el farmacéutico leridano Pío Font Quer revisó más de las 600 especies descritas por el botánico. [5]



Fig. 2 Dioscóridos y su *Materia médica* son un referente de la medicina tradicional

Los griegos y los romanos recogen la tradición de la Mesopotamia y Egipto y hacen uso de las plantas para curar las enfermedades y mantener un buen estado de salud. Hipócrates (460-377 a.C.), considerado el padre de la medicina, sistematizó los grupos de medicamentos, dividiéndolos en purgantes, narcóticos y febrífugos, para prepararlos se usaban simples vegetales y minerales y algunas sales de naturaleza inorgánica. [3]

También en la India, donde la medicina Ayurveda se ha practicado durante 5.000 años, los antiguos libros sagrados del brahmanismo, como el Rig Veda, mencionan el empleo de las hierbas medicinales estableciendo verdaderos rituales para la recolección de las plantas. Un ejemplo extraído de uno de ellos: "solo serán recolectadas por un hombre puro y religioso, que antes habrá ayunado como es debido. Las plantas frescas producen los mayores efectos. Sólo se las recogerá en los lugares de difícil acceso para el hombre, en suelo fértil, con una favorable evacuación para las aguas, donde no haya ni templos ni lugares sagrados, ni tampoco cementerios. [3]

En la Edad Media, el estudio de las plantas medicinales se concentraba en los monasterios, donde los monjes cultivaban y probaban especies descritas en los textos clásicos, estos huertos fueron el origen de lo que ahora conocemos como jardines botánicos. Más adelante, la última gran revolución histórica de las plantas medicinales se produjo a partir del siglo XVII, con la ilustración y el desarrollo de las grandes expediciones botánicas al Nuevo Mundo. [5]

Como se puede observar desde tiempos antiguos las plantas medicinales han sido utilizadas para distintos usos desde rituales, curaciones etc. Pero en México también se observa que los mayas se remontan a los inicios de la época colonial donde de ahí en adelante fueron redactados muchos escritos desde recetarios hasta compilaciones de plantas medicinales y sus usos como el *Popol vuh* de los mayas yucatecos de México contiene el concepto de enfermedades mayas y medicina asociada a la religión, el *Chilam Balam* contiene información sobre la terapia medicinal y mencionan remedios acerca de una variedad de enfermedades, y el *Diccionario de Motul* en cual fue escrito alrededor de 1577 y consta de un vocabulario del área Maya de Yucatán con valiosa información sobre enfermedades y sus tratamientos. Como se puede ver los mayas también tienen relevante importancia en lo que respecta a plantas con valor medicinal así como también sus documentos. [6]

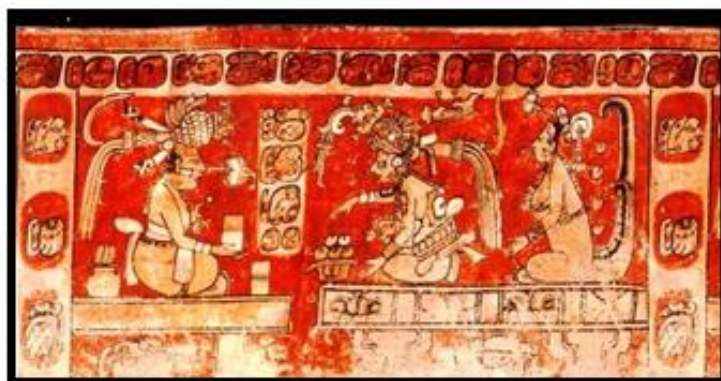


Fig. 3 Tikal Un Gobernante presenta ofrendas en un vaso a Itzam'ná e Ix'ch'el los dioses de la Medicina

Tal ha sido el éxito de las plantas como fuente para aislar compuestos bioactivos para su uso directo o como precursores de moléculas modificadas por síntesis química para producir nuevas entidades patentables con mayor actividad y/o menor toxicidad que, en la actualidad casi el 25% de los fármacos que se prescriben contienen uno o más principios activos

derivados de alguna planta según datos del *National Prescription Audit* de los Estados Unidos obtenidos solo de farmacias. [3]

Hoy en día se dispone de avanzadas técnicas para la purificación e identificación de compuestos químicos; y de rápidos ensayos biológicos desarrollados *in-vitro* y en forma automatizada para la detección de muchas actividades farmacológicas, que aceleran y facilitan la búsqueda de nuevas drogas. También, a lo largo de la historia del uso de las hierbas medicinales, se ha acumulado la valiosa información sobre las propiedades terapéuticas de muchas especies de plantas. [3]

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a Salvia species, with the word "HIPÓTESIS" overlaid in the center. The flower spike is composed of many small, tubular flowers arranged in a dense, elongated cluster. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting foliage. The text "HIPÓTESIS" is written in a bold, black, sans-serif font, centered horizontally and vertically over the middle of the flower spike.

HIPÓTESIS

Hipótesis

La composición química de los aceites esenciales de *Salvia pachyphylla* presenta actividad antioxidante así como también un efecto antifúngico.



**OBJETIVO
GENERAL Y
PARTICULARES**

Objetivo general:

Evaluar la composición química, actividad antioxidante del aceite esencial de *Salvia pachyphylla*.

Objetivos particulares:

1. Obtener el aceite esencial de la planta *Salvia pachyphylla* por el método de hidrodestilación
2. Llevar a cabo una evaluación antioxidante del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* mediante técnicas de reducción del radical DPPH, decoloración oxidativa del β -caroteno y radical catiónico ABTS.
3. Caracterizar químicamente del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* mediante cromatografía de gases acoplado a masas.
4. Identificar los metabolitos secundarios mayoritarios de los aceites de *Salvia pachyphylla*.

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a Salvia species, with several clusters of small, tubular flowers. The background is a soft-focus green, suggesting foliage. The word "ANTECEDENTES" is overlaid in the center in a bold, black, sans-serif font.

ANTECEDENTES

Familia *Lamiaceae*

La familia *Lamiaceae* (*Labiatae* nom. conocidas como labiadas) Se distingue por poseer sólo dos estambres, conectivos alargados y modificados en estructuras a manera de timón hacia la porción distal, agrupa hierbas anuales y perennes, arbustos y árboles, carece de elementos epífitos o parásitos, sus hojas son simples y opuestas, con inflorescencias cimosas, flores gamosépalas y gamopétalas, sus corolas por lo regular son bilabiadas, presentan cuatro o dos estambres epipétalos, el estilo es con frecuencia ginobásico y los dos carpelos se dividen en dos por el desarrollo de un septo falso, los frutos en mericarpios con una semilla cada uno, su polen es tricolpado o hexacolpado, y su número cromosómico varía de 10 a 240 (Harley *et al.*, 2004). [7]

La diversidad que reúne a escala global es de 236 géneros y 7173 especies (Harley *et al.*, 2004), las cuales se distribuyen en todo el globo con excepción de las áreas de mayor latitud y altitud (Hedge, 1992). México resguarda una riqueza de 32 géneros y 591 especies nativas o naturalizadas, 379 endémicas al país (Martínez-Gordillo *et al.*, 2013). Lo que posiciona a la familia como la octava más diversa entre las plantas vasculares de la flora mexicana (Villaseñor, 2003). Sin embargo, a pesar de su riqueza e importancia, su conocimiento sigue siendo insuficiente y fragmentado. Esto se refleja en su ausencia en las floras contemporáneas con la excepción de la *Flora Fenerogámica del Valle de México* (Calderón de Rzedowski & Rzedowski, 2005) y *Flora Mesoamericana* (David *se et al.*, 2012), y por el constante descubrimiento de taxones nuevos de la misma. (David *et al.*, 2012). [7]

La familia *Lamiaceae* es una de las más diversas de México, ocupando el octavo lugar en cuanto a riqueza de especies (Villaseñor, 2003). En ella destaca el género *Salvia L.*, por su diversidad y endemismo en el país, con alrededor de 300 especies (Villaseñor, 2004) y un endemismo de casi 88% (Ramamoorthy y Elliot, 1998). Se trata de un taxón con afinidad por las zonas templadas, cuyos representantes crecen principalmente en tipos de vegetación como bosques de coníferas, de *Quercus* y mesófilos de montaña, y presenta una mayor concentración de especies en Oaxaca, Puebla, Guerrero, Michoacán y Jalisco (Ramamoorthy y Elliot, 1998). La sección *Membranaceae*, propuesta por Bentham (1833), incluye 7-14 especies, distribuidas principalmente en México, tres de ellas en Mesoamérica (Epling, 1939, 1940; Fragoso-Martínez, 2011; Klitgaard, 2012), en su

mayoría se encuentran al sur del Eje Neovolcánico en los estados de Guerrero y Oaxaca, prefiriendo los bosques de *Quercus*.^[8]

Es común que presenten una gama amplia de compuestos químicos, entre ellos los de tipo terpeno que les confieren la propiedad de ser aromáticas (Richardson, 1992; Tomás Barberán & Gil, 1992). Esta característica ha propiciado que se aprovechen como condimentos, en la medicina vernácula y en la industria a través del uso de sus aceites (Heinrich, 1992; Lawrence, 1992; Rivera-Nuñez & Obón De Castro, 1992; Ayerza & Coates, 2005; Jenks & Kim, 2013). Además algunas especies son apreciadas por su valor ornamental (Clebsch, 1997; Froissart, 2008).^[7]

Género *Salvia*

El género *Salvia* destaca del resto de los integrantes de *Lamiaceae* por la morfología particular de sus estambres. El estimado de 900 a 1000 especies (Standley & Williams, 1973; Harley *et al.*, 2004; Walker *et al.*, 2004) de *Salvia* le posiciona como el género más rico de *Lamiaceae*, y con una distribución tan amplia como la de la familia misma. En México reúne 307 especies (Martínez-Gordillo *et al.*, 2013), siendo uno de los tres géneros más ricos (Villaseñor, 2004) y característicos del país, ya que se encuentra en toda la República y en casi todos los tipos de vegetación (Ramamoorthy & Elliott, (1998) Domínguez Vázquez *et al.*, (2002) Cornejo-Tenorio & Ibarra-Manríquez, (2011)). Exhibe una distribución casi cosmopolita, no tiene representantes silvestres en Australia y las regiones más frías de ambos hemisferios. Sus principales centros de diversificación se encuentran en México, la cuenca del Mediterráneo, China y Medio Oriente.^[7]

Las características de algunas de las plantas de la familia *Lamiaceae* como por ejemplo *Arischrada Poved*, *Audibertia Benth*, *Audibertiella Briq* *Fenixanthes Raf*, *Polakia Stapf* *Pycnosphace Rydb*, *Ramona Greene*, *Salviastrum Scheele*, *Schraderia Medik*. Es que son arbustos, o hierbas perennes, a menudo aromáticas con hojas simples, opuestas, en ocasiones verticiladas; margen lobado o dentado, en ocasiones pinatífidas o pinatisectas; pecíolo presente o ausente. Inflorescencias tirsoideas, axilares o terminales, en espigas o panículas, con 1 a muchas flores en verticilastros; brácteas grandes o pequeñas, deciduas o persistentes; bractéolas presentes o no. Flores pediceladas o subsésiles; cáliz zigomorfo, bilabiado, 3-5-lobado, labio superior usualmente entero, a veces trífido, el

inferior bilobado; nervios 9-15; corola zigomorfa, bilabiada, 4-5-lobada, blanca, amarilla, púrpura, roja, violeta o azul, labio superior generalmente galeado, entero o emarginado, labio inferior trilobado, extendido o en ocasiones reflejado, el lóbulo medio más amplio; tubo recto, a veces ventricoso o invaginado, con papilas o sin ellas, anillo presente o ausente; estambres 2, el conectivo muy alargado, articulándose sobre un filamento corto, la teca fértil en uno de los brazos (rara vez en ambos); estilo ginobásico, estigma bifido, ramas estigmáticas por lo general desiguales. Núculas ovoides o suborbiculares, en ocasiones trógonas.^[9]

De manera general, las especies americanas pertenecen al subgénero *Calosphace* y tal es el caso de México. De las 106 secciones reconocidas por Epling (1939, 1940, 1941, 1947, 1951), Epling y Játiva (1966) y Harley *et al.* (2004)), en México existen 61. Es el género más diverso de la familia en el país, con 307 especies, 232 endémicas. Las secciones, tal y como fueron publicadas por Epling (1939). Géneros de *Lamiaceae* de México presentan, en algunos casos, límites muy imprecisos y es necesario proponer una nueva clasificación infraespecífica. Se trata de un género fácil de reconocer por el androceo compuesto de 2 estambres, por lo general monotecos, debido a la pérdida de una de las tecas que, en ocasiones, puede ser rudimentaria (*S. axillaris*) y por el conectivo alargado que se encuentra modificado en una estructura especializada para la polinización. No obstante lo anterior, es un género difícil, que necesita estudios detallados de algunos de sus grupos. ^[10]

Es importante apuntar que en años recientes se han llevado a cabo revisiones taxonómicas de algunas de las secciones del género, en las cuales se han aportado especies nuevas, descripciones, claves y algunos apuntes sobre la distribución de las especies (Espejo y Ramamoorthy (1993), Fragoso-Martínez (2011), Peterson (1978) y Turner (1996, 2008, 2009, 2010, 2011)). ^[10]

Casi la totalidad de las especies de nuestro país pertenecen al subgénero *Calosphace* (Benth) Epling. Sin embargo, también existen representantes de los subgéneros *Heterosphace* (*Salvia henryi* A. Gray, *S. roemeriana* Sheele y *S. summa* A. Nelson), y *Salviastrum* (*S. texana* (Sheele) Torr. y *S. whitehousei* Alziar), y de la sección *Audibertia* (*S. apiana* Jeps., *S. brandegeei* Munz, *S. californica* Jeps., *S. carduacea* Benth., *S. clevelandii* (A. Gray) Greene, *S. columbariae* Benth., *S.*

mohavensis Greene, *S. munzii* Epling, *S. pachyphylla* Epling ex Munz y *S. vaseyi* (Porter) Parish) (Epling, 1938; Strachan, 1982; Neisess, 1983; Walker y Elisens, (2001); Martínez-Gordillo *et al.*, 2013). Ramamoorthy y Elliott (1998) reconocieron, con base en referencias bibliográficas y datos inéditos del primer autor, que el estado de Oaxaca contiene la mayor cantidad de especies al poseer una cifra de 63. En esa misma publicación señalaron 35 especies para Chiapas y 48 para Michoacán. Sin embargo, revisiones puntuales recientes para estas dos últimas entidades revelan una cantidad mayor para cada una de ellas, 84 para Oaxaca (García-Mendoza y Meave, 2011), 75 para Chiapas (Domínguez-Vázquez *et al.*, 2002) y 73 (Rodríguez-Jiménez y Espinosa-Garduño, 1996) o 64 (Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2011) para Michoacán. El incremento en el número de especies es contundente, lo que señala que persiste un conocimiento insuficiente del género en el país. Es de esperar que el desarrollo de investigaciones y exploración botánica resulten en el descubrimiento de taxones en lugares donde no hayan sido registrados antes, y de algunos aún no descritos. En este sentido, aquí se presenta y describe una de estas nuevas adiciones: *Salvia tilantongensis*, especie que es semejante en su morfología a *Salvia fulgens* Cav. y *S. gesneriiflora* Lindl. & Paxton; éstas son a la vez parecidas entre sí y confundidas con frecuencia.^[9]

Muchas especies han sido investigadas por sus componentes químicos biológicamente activos. Estudios fitoquímicos en las especies de *Salvia* se han llevado a cabo ampliamente, y sus principales componentes químicos pueden ser clasificados como polifenoles, y terpenoides. Los principales metabolitos de partes aéreas son flavonoides, triterpenos y sustancias volátiles, principalmente monoterpenos mientras diterpenoides se encuentran comúnmente en las raíces (Topcu, 2006). Predominantemente se han encontrado ciertos tipos de ácido fenólico, derivados del ácido caféico (Lu y Foo, 2002).^[11]

Las especies del género *Salvia* son plantas que se caracterizan por sus propiedades farmacológicas y por la producción de aceites esenciales. La especie de *Salvia* más cultivada a nivel nacional y europeo es *S. officinalis*, siendo, por lo tanto, la más implantada en el mercado, es, junto con *S. fruticosa*, la especie más importante comercialmente de las salvias mediterráneas, con una larga tradición como planta aromática y medicinal (Putievsky *et al.*, 1990).^[12]

El género *Salvia* es rico en componentes antioxidantes. De la especie *S. lavandulifolia*, Tomás-Lorente et al. (1988) aislaron en plantas de su subespecie *Vellerea* 16 flavonoides, 4 glicóidos de las vacuolas y 12 agliconas libres en la superficie de la hoja, mientras que Zarzuelo et al. (1995) aislaron de *Salvia lavandulifolia ssp. oxyodon* el flavonoide luteolin-5-O-β-rutinosido, de reconocido efecto médico en el tratamiento contra la diabetes mellitus.^[12]

Uso medicinal de salvias



Fig. 4 Localidades indígenas

El nombre *Salvia* se deriva de la palabra latina "salvere" que significa "salvar" debido a sus propiedades medicinales (Dweck, 2000). *Salvia* se utiliza tradicionalmente para tratar dolencias comunes, por ejemplo, flatulencia, dolor de estómago, la boca y la infección de la garganta, y también para fines culinarios (Barnes et al., 2007).^[11]

Tilford (1993) indica que las partes aéreas de las *Salvias* son antisépticas, astringentes, hemostáticas, tónico alterativo y tónico. Es un buen desinfectante para lavados tópicos de abrasiones, contusiones, y la piel irritada. También son útiles para eliminar el dolor de garganta mediante la realización de gárgaras y tratar la nariz congestionada.^[11]

La *Salvia* tiene un uso medicinal por las comunidades indígenas de Baja California. Algunos taxones del género *Salvia* se han utilizado para la medicina por las tribus de América del Norte como Navajo, Hopi, Kumiai, Norte Paiute, Paipai, Shoshone, Washoe y Kawaiisu (Whiting (1939), Tren et al. (1941), Zigmond (1981), Moerman (1986), Fowler (1989) y Teodora Cuero, Teodora Homewytewa, Benito Peralta, Robin Taylor). *Salvia dorrii ssp. mearnsii* puede haber sido utilizado por las personas que viven en el centro de Arizona en el pasado. Eruditos tradicionales de varias tribus (Hopi, Kumiai, Paipai) han sido consultados; han indicado que los familiares de esta subespecie (*Salvia dorrii ssp. dorrii* y *S. pachyphylla*) se utilizan ampliamente para dolores de estómago, dolores de

cabeza y otros usos medicinales, y que *S. dorrii ssp. mearnsii* probablemente fue utilizado en el centro de Arizona en el pasado como una alternativa a las plantas que la gente conocía de diferentes áreas geográficas de medicamento similar y razones ceremoniales (Homewytewa y Taylor).^[13]

Plantas significativas utilizadas para ciertos medicamentos o ceremonias pudieron haber sido lo suficientemente importantes y ser transportadas para volver a sembrar en los nuevos asentamientos. *Salvia* pudo haber sido una de estas plantas. Una curandera Kumiai, Teodora Cuero (Homewytewa y Taylor), observó que era la *Salvia pachyphylla*, una de sus plantas más veneradas.^[13]

La raíz de *S. miltiorrhiza* Bunge (Danshen) ha sido utilizada en la China tradicional para medicamentos para tratar la enfermedad cardíaca coronaria, enfermedad cerebrovascular, varios tipos de hepatitis, crónica insuficiencia renal, dismenorrea, y para estimular la circulación sanguínea (Jiang *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2008). Especies turcas de *Salvia* se han utilizado para dolor estomacal, diurético, hemostático, espasmolítico, carminativo, la boca y las infecciones de garganta, incluyendo resfriados (Topcu *et al.*, 2008). La *Salvia* griega (*S. fruticosa* Miller) ha sido conocida como una especia o ingrediente de remedios populares para las quejas de dolor de muelas e intestinales (Karousou *et al.*, 2000). Las infusiones de ciertas especies de *Salvia* en Sudáfrica, se han utilizado para tratar los resfriados, la tos, la gripe, cólicos, diarrea, indigestión, molestias abdominales e infecciones bacterianas (Kamatou *et al.* 2008).^[11]

En Chiapas, según la información etnobotánica, es generalizada la utilización de las labiadas para tratar padecimientos gastrointestinales, respiratorios, febriles, reumáticos y dermatológicos. Los padecimientos gastrointestinales, principalmente las diarreas, utilizan el 48 % de las labiadas medicinales, seguido por los padecimientos respiratorios y las fiebres.^[14]

Un amplio espectro de uso tienen las 15 especies de *Salvia* que son utilizadas en medicina tradicional. Algunas de estas son utilizadas en padecimientos gastrointestinales como disentería (*Salvia coccinea* Juss ex Murr.), diarreas (*S. purpurea* Cav., *S. rubiginosa* Benth. y *S. urica* Epling) y gases (*S. karwinski* Benth.). Las reumas se tratan con *S. cinnabarina* (M. & G). Para aliviar enfermedades respiratorias como bronquitis y tos son

utilizadas *S. lavanduloides* (H.B.K.), *S. cinnabarina* (M. & G.), *S. rubiginosa*, (2002) Benth., *S. officinalis*, *S. tiliaefolia* Vahl., *S. urica* Epling y *S. misella* (H.B.K.). [20]

Asimismo, se utilizan para disminuir la fiebre y para los edemas *Salvia rubiginosa* Benth. Es además utilizada para los edemas, mientras que *S. microphylla* y *S. mexicana* se usan para estimular el parto; *S. lasiantha* Benth., es utilizada para tratar síndromes de filiación cultural que se relaciona con la pérdida del espíritu. *S. tiilifolia* var. *albiflora* (M. & G., L. O. Williams) es utilizada en casos de mordeduras de víboras, mientras que *S. lasiocephala* (H. & A.) es considerada como medicinal, sin embargo, no se pudo registrar su uso exacto. [14]

Salvias de Baja California.

Existen gran variedad de *Salvias* distribuidas en el mundo, ya que el objetivo de estudio de esta tesis se encuentra en el estado de Baja California es importante mencionar algunas de las especies de salvias que también se pueden encontrar en esta región.

Se hace mención de las salvias *mellifera*, *s. apiana*, y *clevelandii*. por mencionar algunas



Fig 5. *Salvias* de Baja California

Salvia clevelandii

La especie *Salvia clevelandii* es una planta vascular de la familia Lamiaceae del género *Salvia*, que al igual que *Salvia pachyphylla* crece en zonas con un clima tipo mediterráneo característico de esta región de América. Esta especie se encuentra como un arbusto 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.^[15]



Fig. 6 *Salvia clevelandii*

(Guerrero, *et al.* 2006) realizó un estudio donde referencia al aislamiento, purificación y la elucidación de metabolitos obtenidos a partir de *Salvias pachyphylla* y *clevelandii*, y de la búsqueda de productos bioactivos a través de la síntesis orientada a la diversidad en el espacio químico de compuestos de tipo diterpeno.^[15]

Salvia mellifera



Fig. 7 *Salvia mellifera*

Los arbustos son muy aromático, abierto, de 1 a 2 m de altura, con trenzado, leñosa fruncido tallos en la base, y herbácea puntas de las ramas verdosas que son de sección transversal cuadrada. Las ramas y las hojas son glandular, y muy aromático. Las hojas oblongas - elípticas son de 2 a 6 cm de largo, de color verde oscuro y ruguloso (convexa entre las venas obvias) con crenulado (finamente festoneado) márgenes y disminuye a unos pocos a 12 mm de largo pecíolo (Munz y Keck 1968). Las flores pequeñas, de 6 a 12 mm de largo los labios se producen en racimos compactos subtendido por brácteas verdes y están espaciadas de 2 a 6 cm de distancia a lo largo de la

inflorescencia menudo ramificado. Corolas varían desde el blanco puro al azul pálido o lavanda. El estilo y los estambres se extienden más allá del tubo de la corola. Flores soportan cuatro núculas oblongas (frutas de una sola cabeza de serie) dentro de un cáliz persistente. Núculas varían de gris moteado a oscuro marrón y son aproximadamente 1 mm de ancho y 2 mm de largo. (Modificado de Montalvo y McMillan 2004).^[16]

(Laura De Martino y col., (2010). realizaron un estudio de la composición química y antigermiante y actividad biológica de aceites esenciales de 5 especies de *Salvia*. La composición química de los aceites esenciales de *Salvia L. africana*, *Salvia elegans Vahl*, *Salvia greggii A. Gray*, *Salvia mellifera verde* y *Salvia munzii Epling*, cultivada en Eboli (Salerno, sur de Italia), fueron estudiadas por medio de CG y CG-MS. En total, se identificaron 88 compuestos, 54 para *S. africana*, que representan el 95,4% de la cantidad total de petróleo, 55 para *S. elegans* (92,9%), 50 para *S. greggii* (96,9%), 54 para *S. mellifera* (90,4%) y 47 para *S. munzii* (97,5%), respectivamente. En el aceite de *S. mellifera*, la fracción de monoterpenos ascendió a 76.1%, mientras los sesquiterpenos se encontraron es un 14,2 %. También en este caso, la fracción de monoterpenos fue representada principalmente por compuestos oxigenados (57,0%), con gran prevalencia de 1,8- cineol (39,8%) y alcanfor (12,2%). α -pineno (9,2%) era el componente principal de monoterpenos no oxigenados.^[17]

Salvia apiana

Salvia blanca es un sub –arbusto de menos de 1 m de altura. Las hojas son generalmente 4-8 cm de largo, lanceoladas, con una base cónica y dientes minutas. Las hojas son simples, con pelos y una fragancia distintiva. La inflorescencia se muestra en el racimo con muchas flores de color blanco pálido y lavanda. Los frutos son de color marrón claro, núculas brillantes.^[18]



Fig. 8 *Salvia apiana*

Generalmente crece por debajo de 1500 en Baja California, en la costa Sur, Sierras Transversales y Sierras Peninsulares subregiones del suroeste de California, así como en el borde occidental de la Provincia del desierto en una porción del sureste de California. La planta se ha utilizado para tratar resfriados, tos, dolor de garganta, erupciones, vaginitis por candida, y ha sido ampliamente utilizado por los

nativos y en la curación Churnash tradicional. Las hojas eran comidas, fumadas y se utiliza en baños de vapor por los indios Cahuilla, y para tratar infecciones respiratorias superiores trata. [19]

En el año 2010 Gary R. y col. lograron aislar 4 nuevos diterpenos de las raíces de *S. apiana*. 6,7-didehidroferruginol; 6,7-didehidroempervirool; 16-hi-4roxy-6,7-didehidroferruginol; 11,12,16-trihidroxi-20. abeo-abieta-1, 6,8,11,13-pentaeno, en este mismo estudio se aislaron 2 nuevos compuestos de tipo diterpenoquinonas, 16-hydroxiroyleanona y 6-desoxo-5,6-didehydrolanugon Q, así como los compuestos conocidos, ferruginol, miltiodiol, cryptanshinona, lanugon Q y salvicanol han aislados y caracterizados a partir de las raíces de *S. apiana*. (Gary R. Takeoka, Christopher Hobbs, Byeoung-Soo Park; 2010). [19]

Aceites esenciales de *Salvias*



Fig. 9 Aceite esencial

Los aceites esenciales también llamados volátiles (Ghenther, 1948) son líquidos oleosos obtenidos de material vegetal como flores, raíces, hojas, frutos etc.) se caracterizan por su aroma agradable e intenso por ser volátiles y extraíbles por arrastre de vapor de agua, por ser insolubles en agua y por presentar un índice de refracción elevado. [20]

Los aceites vegetales y extractos se han utilizado para una amplia variedad de propósitos durante muchos miles de años (Jones 1996). Estos efectos varían desde el uso de palo de rosa y madera de cedro en perfumería, para dar sabor a las bebidas con limón, hinojo o el enebro aceite de baya (Lawless 1995), y la aplicación de aceite de limoncillo para la preservación de los cultivos de alimentos almacenados (Mishra y Dubey 1994). [21]

Por otra parte, los aceites esenciales han sido empleados para llevar a cabo estudios de diversidad intra-específica y de patrones biogeográficos en diversas especies, incluidas algunas representativas de la familia *Lamiaceae*, como los tomillos (*Thymus sp.*)

(Cañigüeral *et al.*, 2003; Tommasi *et al.*, 2007), los espliegos y las lavandas (*Lavandula sp.*) (Skoula *et al.*, 1996; Muñoz-Bertomeu *et al.*, 2007) o las salvias (*Salvia sp.*) (Maksimovic *et al.*, 2007; Herraiz-Peñalver *et al.*, 2010), entre muchas otras. [12]

La destilación por arrastre de vapor es el método más comúnmente utilizado para la producción de empleadores sobre una base comercial. Extracción por medio de dióxido de carbono líquido bajo baja temperatura y alta presión produce un perfil más organoléptico natural, pero es mucho más caro (Moyler, 1998). La diferencia en un perfil organoléptico indica una diferencia en la composición de los aceites obtenidos por extracción con disolvente en lugar de destilación y esto también puede influir en las propiedades antimicrobianas. Esto parece ser confirmado por las hierbas extraídas con hexano que presentan mayor actividad antimicrobiana que las extraídas por destilación a vapor del aceite esencial (Packiyasothy y Kyle, 2002). Los aceites esenciales son volátiles y por lo tanto necesitan para ser almacenados en recipientes herméticos en la oscuridad con el fin para prevenir cambios en la composición. Los componentes mayoritarios pueden constituir hasta el 85 % del aceite esencial, mientras que otros componentes están presentes sólo como trazas (Senatore, 1996; Bauer *et al.*, 2001). [20]

En tiempos recientes se ha adelantado un trabajo de prospección en labiadas nativas de Colombia, y en este sentido se han efectuado extracciones y caracterización de lectinas y mucílagos en más de 50 taxones, con muy buenos resultados. Estas lectinas tienen importancia clínica, ya que interactúan de modo específico con determinados antígenos Tn (Pérez *et al.* 1998, Fernández-Alonso *et al.* 2003b). Más recientemente, el grupo de investigación de proteínas de la Universidad Nacional de Colombia, viene trabajando de forma específica en la actividad biológica de algunas de estas lectinas (de *Salvia bogotensis* y *Lepechinia bullata*), en relación con la detección temprana de algunos tipos de células cancerígenas (Vega & Pérez 2001, Vega *et al.* 2001, Vega & Pérez 2006). [22]

Efectos insecticidas, antifúngicos y antibacterianos de los aceites esenciales.

Las actividades antibacterianas y antifúngicas de los aceites esenciales y de los extractos procedentes de plantas aromáticas y medicinales han sido los efectos más estudiados y ensayados. Existe una extensa literatura sobre las capacidades antimicrobianas del género *Salvia*, las cuales revelan una gran variabilidad en cuanto a la sensibilidad que presentan los microorganismos y la eficacia de los compuestos ensayados. En general, las especies más estudiadas son las que representan la mayor producción comercial de aceite esencial (*S. officinalis*, *S. triloba* y *S. fruticosa*) (Baricevic y Bartol, 2000). La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales provenientes de éstas y otras especies está bien documentada (Bakkali *et al.*, 2008). [12]

En particular, la actividad antimicrobiana de aceites de plantas y extractos ha constituido la base de muchas aplicaciones, incluyendo la preservación de alimentos crudos y procesados, productos farmacéuticos, medicina alternativa y terapias naturales (Reynolds 1996; Lis- Balchin y Decanos 1997). [17]

Diversos compuestos volátiles que forman parte del aceite esencial, derivados isoprenoides, tienen actividad antibacteriana, anti-herbivoría, atrayente de polinizadores, o funciones alelopáticas en relación a la inhibición de la germinación de ciertas semillas (Dudareva *et al.*, 2004; Owen y Peñuelas, 2005). [12]

Salvia lavandulifolia Vahl. Es una especie con gran potencial de mercado, además de estar incluida entre las especies que experimentará un mayor aumento en la demanda (Peroy, 2003), y de estar siendo actualmente estudiada para su uso en tratamientos de enfermedad de Alzheimer y Parkinson debido a la demostrada capacidad anticolinesterasa de sus aceites esenciales (Perry *et al.*, 2003; Tildesley, *et al.*, 2005; Kennedy y Wightman, 2011). Aunque existen diversas referencias a la diversidad en la composición química que presentan los aceites esenciales de esta especie (Guillén y Ibargoitia, 1995; Zarzuelo *et al.*, 1995; Guillén *et al.*, 1996; Guillén y Manzanos, 1999; Giannoulli y Kintzios, 2000). [12]

Salvia pachyphylla



Fig. 10 *Salvia pachyphylla*

La especie *Salvia pachyphylla* conocida también como Rosa o *Salvia* de la montaña del desierto, es una planta vascular de la familia *Lamiaceae* del género *Salvia* y de categoría perenne, que crece en un clima tipo mediterráneo característico de esta región de América. [15]

Esta planta se encuentra como un arbusto que llega a medir entre 60 y 90 cm de altura. Presenta hojas verdes y grisáceas de forma lanceolada que miden entre 2 y 5 cm de longitud, y flores de color morado o rosa con una fragancia muy agradable. El cáliz de cada flor mide aproximadamente entre 9 y 12 mm, mientras que la corola en forma de tubo cilíndrico mide entre 13 y 23 mm de longitud. El periodo de florecimiento de esta planta se da entre mediados y finales del verano o iniciando el periodo de otoño (julio a septiembre). [15]

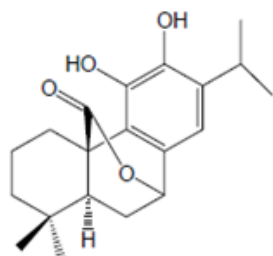
La mayoría de las poblaciones *Salvia pachyphylla* ocurren en los rangos transversales de la provincia florística de California y las sierras del desierto de Mojave, al Sur de California, al suroeste de Nevada, y el norte de Baja California, México. Un grupo más pequeño disyunción ocurre en el este de Arizona, cerca de la orilla meridional de tierras de la reserva Navajo y Hopi, cerca de la ciudad de Wislow, AZ. Ésta interesante distribución discontinua plantea preguntas sobre si los grupos geográficos son morfológicamente distintos y si estos grupos forman una unidad cohesiva fácilmente separada de *S. dorrii*. *Salvia Pachyphylla* se recolectó por primera vez por los hermanos Parish en las montañas de San Bernardino y se describió como *Audibertia var incana, pachystachya* por Gray (1878). Samuel B. Parish (1898) elevó este taxón a *Audibertia pachystachya*. Amos A. Heller (1900) transfirió *Audibertia pachystachya* al género Ramona. Harvey M. Hall (1902), transfirió Ramona *pachystachya* de *Salvia* y la reconoció como una variedad de *S. carmosa* (ahora conocido como *S. dorrii*) dándole el nombre *var. compacta*. Phillip A. Munz elevó a nivel de especie (*Salvia compacta*) la creación de un homónimo de *S. compacta kuntzz* (Munz, 1027). Por último, Munz (1935) cambió el nombre *S. compacta* a *S. pachyphylla* Munz. [23]

Se ha informado de la bioactividad y usos de las plantas y sus componentes en la medicina popular así como también de las actividades antibacterianas, antiflogísticas, antituberculosas y antitumorales de los constituyentes de especies de *Salvia* (*Lamiaceae*). Científicos han fundido algunas dudas toxicológicas sobre antioxidantes sintéticos debido a sus efectos secundarios adversos, y la gente está más preocupada por la seguridad y la calidad de los alimentos. Debido a la actividad antioxidante de plantas *Lamiaceae* (*Labiatae*) utilizan para conservar los alimentos, especialmente la carne y el queso, debido a sus propiedades antioxidantes, además de ser empleadas como especias para condimentar.^[24]

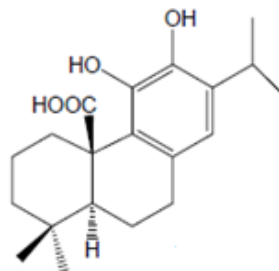
Guerrero *et al.* (2006) reportó tres diterpenoides con actividad citotóxica, carnosol, 20-deoxocarnosol y 16-hydroxycarnosol de *S. pachyphylla* Epling *ex* Munx, y *S. clevelandii* (Gray Greene). Ellos mostraron un 50% de inhibición del crecimiento de líneas celulares de cáncer de A2780 ovario y de mama HBL-100 en el rango de 3.6 a 5.4 M. Por otra parte, se examinaron diferentes tipos de líneas celulares de cáncer de mama. Ellos inhibieron las células del cáncer de mama sin estrógeno-receptores (HBL-100) con la concentración más baja que aquellos con estrógenos receptores (T-47D). Un diterpenoide abietano, carnosol, fue revisado por su actividad contra la lucha contra el cáncer y este promovió la detención del ciclo celular G2 en células de cáncer de próstata disminuyendo la viabilidad celular. Ello también mostró citotoxicidad contra el cáncer de piel, cáncer de colon y leucemia (Johnson, 2011) ^[15]

También el grupo de Esquivel y *col.* (2005) realizaron un estudio preliminar de un extracto de *S. pachyphylla* de origen californiano, aislando sólo compuestos que ya habían sido aislados de otras especies de *Salvia* como *S. canariensis*, como (1) carnosol y como (2) ácido carnósico.

(1)



(2)



La presencia del compuesto criptotanshinona fue un interesante hallazgo químico en los estudios fitoquímicos de la parte aérea y raíz de la *Salvia axillaris*, una de las plantas más primitivas del subgénero *Jungia* y muy relacionada con las plantas del subgénero *Audibertia*.^[15]

También se han realizado otros estudios como el efecto inhibitor sobre el crecimiento de *Moraxella catarrhalis*. Utilizando extracto de *Salvia pachyphylla* en acetona. En la escuela de Ciencias de la Salud, CISALUD, Valle de las Palmas. Universidad Autónoma de Baja California. Tijuana, BC. (Sánchez D. Remedios y col.).^[25]

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a Salvia plant, with green foliage in the background. The text "MATERIALES Y MÉTODOS" is overlaid in the center of the image.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolecta e identificación taxonómica

Salvia pachyphylla fue recolectada y el día 10 de abril de 2015 localizada en la región Sierra de Juárez, en el Municipio de Ensenada, Baja California, con la colaboración del Laboratorio de investigación de química medicinal y productos naturales y la ayuda del Dr. Martin Ortiz Acosta (Geólogo). La autenticación se realizó por el Dr. José Delgadillo Rodríguez. Un ejemplar (*voucher specimen 9783*) fue depositado en el herbario BCMEX de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California.



Fig. 11 Chaparral de *Salvia pachyphylla* en Sierra Juárez

Tratamiento del material vegetal

El material vegetal obtenido de *Salvia pachyphylla* en la recolecta, se deshojó y se llevó a sequedad a temperatura ambiente, del material obtenido se utilizaron 500 gramos donde se obtuvo el aceite esencial por medio de un tratamiento de hidrodestilación por arrastre de vapor.

El material a destilar de *Salvia pachyphylla* se pone en un matraz bola de vidrio de 5L adaptado a un sistema de destilación, colocando 100 gramos de hojas dentro de un

matraz bola de vidrio , se adicionan 2 litros de agua destilada y de adapta un sistema de destilación por un tiempo de 4 a 5 horas. Al romperse las cutículas de las glándulas de aceite de la planta, el vapor de agua arrastra los compuestos volátiles que se liberan, pasan por el refrigerante, se condensan y se separan por su distinta densidad e inmiscibilidad con el agua.

El aceite obtenido se secó con sulfato de sodio anhidro, para su conservación y su posterior uso, se colocó en viales bajo atmosfera inerte de N₂ y protegidos de la luz, posteriormente se guardó en refrigeración.

Este procedimiento se realizó hasta completar los 500 gramos de material vegetal originales.



Fig. 12 Metodología para obtener el aceite esencial



TÉCNICAS

EXPERIMENTALES

Análisis químico por Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas

El equipo utilizado para la identificación química del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* fue un Cromatógrafo de Gases Acoplado a Espectrometría de Masas Agilent Technologies 7890A / 5975C. Utilizando una columna capilar de 30m x0.25 mm x 0.25 μm con un volumen de inyección de 0.5 μL , una dilución con gas 1:1200, con una temperatura de columna de 70°C y una temperatura del inyector de 250°C y una rampa de columna desde 70°C hasta 100°C a 2°C/min y posteriormente de 100°C hasta 250°C a 10°C/min.

Espectrofotómetro de UV-VIS

Las mediciones de absorbancia se realizaron en un espectrofotómetro Thermo Scientific modelo Genesys 20, en una celda de cuarzo de 10 mm. Como disolvente se empleó MeOH. Los valores de absorbancia (λ) se expresan en nm.



Fig. 13 Espectrofómeto UV-VIS



**ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE**

Evaluación antioxidante

Numerosos estudios han puesto de manifiesto últimamente la relación existente entre el estrés oxidativo, el envejecimiento celular y algunas enfermedades. El estilo de vida actual está favoreciendo la acumulación de radicales libres y especies reactivas del oxígeno en nuestro organismo y como consecuencia de ello un aumento del estrés oxidativo a nivel fisiológico. Por esto es recomendable el aporte de antioxidantes de carácter exógeno.^[26]

Debido al interés que están adquiriendo este grupo de compuestos, en este trabajo se presenta una investigación que tiene por objeto la búsqueda de la actividad antioxidante a partir del aceite esencial *Salvia pachyphylla* mediante 3 técnicas; Reducción del radical libre DPPH, decoloración oxidativa del β -caroteno y radical catiónico ABTS.

Radicales libres

Los radicales libres son especies químicas, atómicas o moleculares, con 1 electrón desapareado en su orbital más externo. Este tipo de configuración electrónica hace que sean muy inestables y altamente reactivos, pudiendo alterar estructuras biológicas fundamentales como lípidos de membrana ácidos nucleicos y proteínas. Todo ello se traduce en un aumento de estrés oxidativo, que está directamente relacionado con el envejecimiento celular y algunos procesos fisiopatológico como enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, cataratas y determinadas formas de cáncer.^[26]

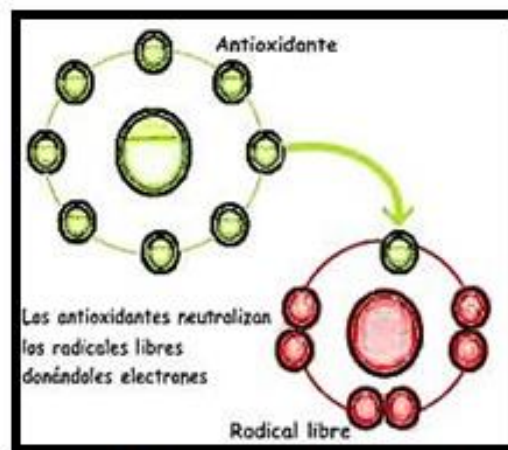


Fig. 14 Mecanismo antioxidante



Fig. 15 Harman

En el año 1956 Harman propuso la teoría de los radicales libres en el envejecimiento, sugiriendo que los radicales libres producidos durante la respiración aerobia causan daño oxidativo que se acumula, y resulta en una pérdida gradual del homeostático, en una interferencia de patrones de expresión génica y pérdida de la capacidad funcional de la célula, lo que conduce al envejecimiento y a la muerte. En ese momento se conocía relativamente poco sobre los sitios celulares de generación de los radicales libres y sus subsecuentes reacciones moleculares. De acuerdo con dicha teoría, existe interrelación entre la generación de oxidantes, la protección antioxidante y la reparación del daño oxidativo (los 2 últimos pueden ser inducidos en respuesta al daño). La expectativa de vida puede ser aumentada al disminuir el grado de los fenómenos oxidantes. Esto se lograría con la mejoría de los hábitos higiénico-dietéticos y con el aumento de las defensas antioxidantes.

Se considera que la mitocondria es la fuente generadora de especies reactivas del oxígeno (ERO) más importante. El incremento en la formación de O_2^* y H_2O_2 se justifica con el hallazgo de que en el envejecimiento se modifican las condiciones del flujo de electrones en la cadena de transporte de estos. Los investigadores postulan que las ERO generadas pueden producir daño tanto a la membrana interna de la mitocondria como a los componentes de la cadena de transporte de electrones o al ADN mitocondrial, lo que incrementa más la producción de ERO y consecuentemente más daño a la mitocondria e incremento del estrés oxidativo por aumentar la producción de oxidantes. El genoma mitocondrial es muy susceptible al ataque por radicales libres producido en la propia mitocondria. Esto produce cambios con el tiempo, se compromete la formación de ATP y la síntesis de proteínas. En los últimos años se ha continuado trabajando en el daño que se produce en la mitocondria por los radicales libres, así como el funcionamiento de los procesos que se desarrollan en este organelo. Existen múltiples evidencias que corroboran la importancia de la disfunción mitocondrial en la patogénesis de la destrucción celular que causa envejecimiento, y es el estrés oxidativo el principal inductor de esas alteraciones. Numerosos estudios se han realizado para determinar si las

defensas antioxidantes declinan con la edad. La célula tiende a generar oxidantes y antioxidantes en una forma interdependiente. Mientras que los oxidantes estimulan la producción endógena de antioxidantes; la administración de antioxidantes suprime varios componentes de las defensas endógenas. Estos hallazgos sugieren que el estado oxidativo de la célula es mantenido por mecanismos de retroalimentación.^[27]

Pero para neutralizar este efecto, nuestro organismo posee sistemas fisiológicos antioxidantes enzimáticos pero debido al estilo de vida actual como se mencionaba anteriormente nos está inclinando hacia un aumento de estrés oxidativo por eso es recomendable el aporte de antioxidantes exógenos ya sea a través de la dieta, suplementos de vitaminas y minerales o mediante el consumo de plantas medicinales con este espectro de actividad de ahí el interés por el cual el estudio de esta salvia por sus antecedentes medicinales.^[26]

Los campos de aplicación de los antioxidantes son muy variados; además de terapias farmacológicas también tienen interés como suplementos nutricionales, ingredientes cosméticos para evitar el envejecimiento cutáneo, alimentos funcionales y como conservadores alimenticios. ^[26]

Pruebas antioxidantes

Decoloración oxidativa de β -caroteno

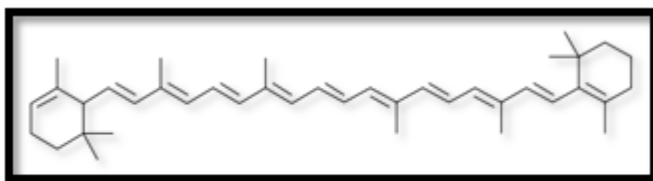


Fig. 16 B-caroteno

La inhibición de la decoloración del β -caroteno en una oxidación conjunta con el ácido linoleico; es una metodología bien conocida para la evaluación de la capacidad

antioxidante en productos naturales, ya que los carotenoides son extremadamente susceptibles a la oxidación por especies radicales libres. Esta técnica se basa en la medición espectrofotométrica de la decoloración de los carotenoides causada por su interacción con radicales peroxilo (LOO^{\bullet}), producidos durante la oxidación del ácido linoleico. La reacción que tiene lugar es una adición del radical peroxilo al sistema poliénico de los carotenoides, produciendo un radical estabilizado por resonancia. Este

radical centrado en el carbono, es capaz de reaccionar con otros radicales, dando productos no radicales (etapa de terminación). De no ocurrir esto, el nuevo radical estabilizado añadirá oxígeno molecular en una etapa de propagación de una reacción en cadena, produciendo un radical caroteno-peroxilo. Si existen antioxidantes en la sustancia analizada, los radicales libres reaccionarán con dichos compuestos, en lugar de atacar al β -caroteno, evitando que se decolore. En consecuencia, cuanto mayor sea la actividad antioxidante en la sustancia de interés, menor será la decoloración del β -caroteno. Esta técnica ha sido usada en la evaluación del poder antioxidante de sustancias diversas, tales como alcaloides, jugos vegetales, guayaba, chocolate, plantas medicinales, mieles, polen apícola y propóleos.^[28]

Procedimiento.

1. someter a un burbujeo con aire agua destilada por 1 hora.
2. Se prepara una disolución de β - caroteno (0.5 mg de β -caroteno disuelto en 1 mL de cloroformo).
3. Se prepara la emulsión con 25 μ L de ácido linoléico y 200 μ L de Tween 20.
4. A esta emulsión preparada se le adiciona 1 mL de la solución de β - caroteno (1 mL por cada 100 mL de emulsión preparada).
5. Se agita y se deja evaporar el cloroformo.
6. Una vez evaporado, se adicionan 100 mL de agua destilada (previamente en burbujeo de aire durante 1 hora).
7. Agitar vigorosamente hasta la formación total de la emulsión.
8. Pesar 2 mg de aceite esencial y hacer una disolución con concentración 2 mg/ mL en el disolvente que más le favorezca al aceite esencial.
9. Se toman 350 μ L de la disolución del aceite esencial y se adicionan a cada tubo (cada extracto por triplicado), posteriormente a cada tubo se agregan 2.5 mL de la emulsión.

10. Posteriormente se mide la absorbancia a 470 nm inmediatamente después de agregar la emulsión (t=0 minutos).

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

$$\% \text{ actividad antioxidante} = \left[1 - \frac{Am0 - Am120}{Ac0 - Ac120} \right] * 100$$

Donde:

Am0 = absorbancia de la muestra a 0 minutos.

Am120 = absorbancia de la muestra a 120 minutos.

Ac0 = absorbancia del control a 0 minutos.

Ac120 = absorbancia del control a 120 minutos.

Nota: el control positivo se realizó con ácido ascórbico

Reducción del radical DPPH

Brand-Williams et al., (1995) evaluaron la actividad de compuestos específicos o extractos usando el radical libre estable 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH•) en una solución metanólica. La reducción del DPPH• se monitorea por la disminución en la absorbancia a una longitud de onda característica.

En su forma de radical libre, el DPPH• absorbe a 515 nm y cuando sufre reducción por un antioxidante,

esta absorción desaparece. En consecuencia, la desaparición del DPPH• proporciona un índice para estimar la capacidad del compuesto de prueba para atrapar radicales. El modelo que explica la actividad de un compuesto como anti radical se ejemplifica con la siguiente ecuación: $AH + DPPH \cdot \rightarrow A\cdot + DPPH-H$ Donde AH es un antioxidante que actúa como antirradical donando átomos de hidrógeno, dando como resultado radicales

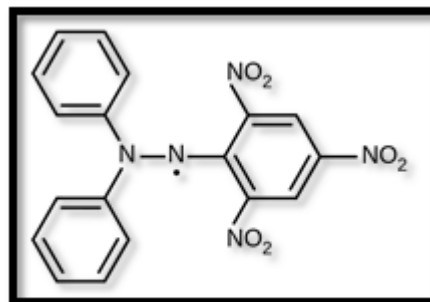


Fig. 17 Radical DPPH

con estructuras moleculares estables que detendrán la reacción en cadena, tal es el caso de los fenoles. El nuevo radical formado (A) puede interactuar con otro radical para formar moléculas estables (DPPH-A, A-A). La reacción entre el DPPH• y un compuesto depende de la conformación estructural del mismo, por lo que las comparaciones cuantitativas no siempre son apropiadas. [29]

Procedimiento

1. Se prepara una disolución de DPPH 125 μ M en etanol. Se utiliza esta concentración con el propósito de cumplir con la Ley de Beer.
2. Para los extractos, se pesa 1mg y se disuelve en 1mL de etanol. Utilizar un Sonicador para ayudar a disolver los extractos con los que se presentan problemas.
3. Una vez disueltos todos los extractos, se agregan 500 μ L de etanol a todos los tubos (10 tubos por triplicado más 2 controles).
4. Se añaden 500 μ L del extracto al primer tubo, para realizar después diluciones seriadas en los 9 tubos restantes, tomando 500 μ L y pasándolos al siguiente tubo y así sucesivamente, en el décimo tubo se desechan los 500 μ L.
5. Se añaden 500 μ l de solución de DPPH 125 μ M a todos los tubos.
6. Se dejan en reposo por 30 minutos en la oscuridad.
7. Se realiza la lectura en una celda de cuarzo a 517 nm utilizando un blanco de etanol.
8. Se promedian las absorbancias obtenidas para realizar los cálculos y obtener el % de reducción de DPPH, con el cual se realiza la gráfica correspondiente y se obtiene la C50.
9. se realizan los cálculos con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ actividad antioxidante} = \left[1 - \frac{Am}{Ac} \right] * 100$$

Donde:

Am = absorbancia promedio de la muestra.

Ac = absorbancia de la muestra control (solución de DPPH).

Radical catiónico ABTS

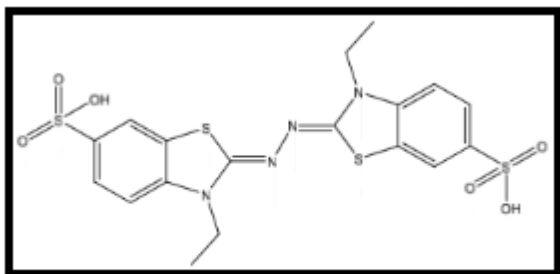


Fig. 18 Radical Cationico ABTS

El radical $ABTS^{\bullet+}$ se genera a partir de su precursor el Ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico (ABTS), (Ronald L. Prior, 2005). El radical catiónico obtenido es un compuesto de color verde-azulado, estable y con un espectro de absorción en el UV-visible. Es un radical

artificial que no mimetiza bien la situación *in vivo*, termodinámicamente puede ser reducido por compuestos que tengan un potencial redox menor que el del ABTS (0.68V), pudiendo reaccionar con el radical, muchos compuestos fenólicos con un potencial más bajo. El punto final de la reacción lo marca la sustancia antioxidante empleada, fijando tiempos cortos o muy elevados que pueden interferir en los resultados finales, lo cual, es un inconveniente. La ventaja de este ensayo es que puede realizarse tanto en muestras hidrosolubles como liposolubles, eligiendo el disolvente apropiado en cada caso. Existen varios métodos de generación del radical $ABTS^{\bullet+}$.^[30]

Procedimiento

1. Se pesa en balanza analítica 0.0033 g de persulfato de potasio y 0.0194 g de ABTS y se disuelven con 5 mL de agua desionizada.
2. La solución preparada se tapa con aluminio y se deja reposar en la oscuridad por 18 horas antes de realizar el ensayo.
3. Pasadas las 18 horas (para generar el radical), se toman 150 μ L de la solución patrón de ABTS (preparada anteriormente) y se diluyen con 15 mL de MeOH. La solución

obtenida se protege de la luz. NOTA: se pueden preparar más de 15 mL de solución, esto estará en función de la cantidad de extractos a evaluar.

4. Preparar la solución patrón del extracto vegetal a evaluar, para esto, se pesa 1 mg y se disuelve en 1 mL de etanol, para obtener una concentración de 1 mg/mL.

5. Se realizarán 10 diluciones seriadas por triplicado, obteniendo las siguientes concentraciones: 1, 0.5, 0.25, 0.12, 0.06, etc., mg/mL de extracto. Para realizar estas diluciones seriadas: adicionar 100 μ l de etanol a los 9 últimos tubos de cada fila (NO agregar al primero de cada fila).

6. Estando listas las diluciones seriadas del extracto vegetal, en otra gradilla por separado, colocar la misma cantidad de tubos que en la anterior.

7. Adicionar únicamente 20 μ L de las diluciones preparadas anteriormente al tubo que le corresponde de la nueva gradilla. **NOTA:** al ser un volumen muy pequeño se evapora rápidamente, por lo que solo se adicionara a los tubos con los que se va a trabajar en el momento, no más de 30 a la vez.

8. Ya estando listas estas diluciones, adicionar a todos los tubos 980 μ L de la solución de ABTS preparada (de la diluida), intentando hacerlo rápidamente y esperar 7 minutos para realizar lecturas.

9. Mientras los tubos anteriores se incuban por 7 minutos, es necesario realizar una lectura de la solución de ABTS sola, sin extracto ya que se requerirá esta absorbancia para los cálculos. La lectura es a 734 nm.

10. Hecha esta lectura y pasados los 7 minutos, se procede a leer el resto de los tubos a la misma longitud de onda.

11. Promediar las absorbancias de las 3 concentraciones iguales y con ese promedio reportar el % de reducción del radical ABTS o actividad antioxidante utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ actividad antioxidante} = \left[1 - \frac{\text{Abs } i - \text{abs } f}{\text{Abs } i} \right] * 100$$

Donde:

Absi: absorbancia inicial

Absf: absorbancia final



**DISCUSIÓN
DE
RESULTADOS**



**COMPOSICIÓN
QUÍMICA**

Se obtuvo un aceite esencial de color amarillo y con un olor muy característico.

A continuación se presenta la tabla de rendimientos obtenidos de las 5 destilaciones realizadas.

Tabla de rendimientos

Fecha	Cantidad de material (g)	Cantidad de aceite (g)	% Rendimiento
21-abr-15	100	1.2866	1.28
23-abr-15	100	1.4569	1.45
29-abr-15	100	0.9949	0.99
15-jun-15	100	0.7814	0.78
23-jun-15	100	1.2697	1.26

Tabla 1. Resultados de rendimientos

Composición química *Salvia pachyphylla*

<i>Salvia pachyphylla</i>			
#	Nombre	% total	Clasificación
1	α -Pinoeno	6.96	MH
2	Canfeno	4.40	MH
3	3-Careno	19.01	MH
4	m-Cimeno	4.05	MH
5	Limoneno	11.64	MH
6	Eucaliptol	15.61	MO
7	Canfor, Alcanfor	11.27	MO
8	Acetato de Borneol	4.31	MO
9	Cariofileno	7.18	SH
10	Epóxido de cariofileno	4.29	SO
11	β -Eudesmol	4.24	SO
12	α -Bisabolol	6.98	SO

Tabla 2. Componentes del aceite esencial de *Salvia pachyphylla*

Donde: MH= monoterpeno hidrocarbonado, MO= monoterpeno oxigenado, SH= sesquiterpeno hidrocarbonado, SO= sesquiterpeno oxigenado

La tabla 2. Componentes del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* muestra todos los componentes que contiene el aceite esencial de la *Salvia pachyphylla* así como también el porcentaje de cada uno de estos obtenidos por CG-EM.

En estos resultados se puede observar que los componentes mayoritarios son el monoterpeno 3-careno (19.01%), Eucaliptol (15.61%), limoneno (11.64%) y por ultimo alcanfor en la misma proporción (11.27%).

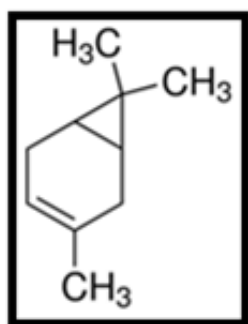


Fig. 19 3- careno

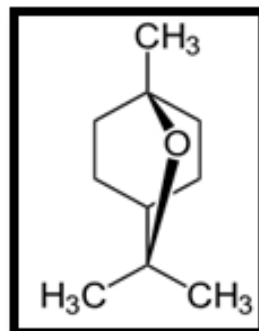


Fig. 20 Eucaliptol

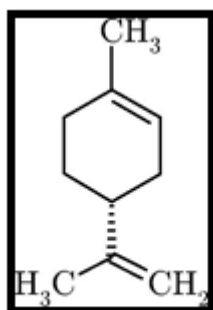


Fig. 21 Limoneno

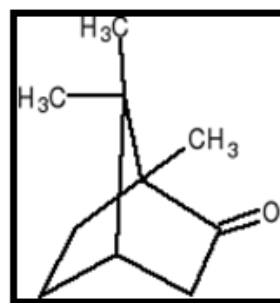
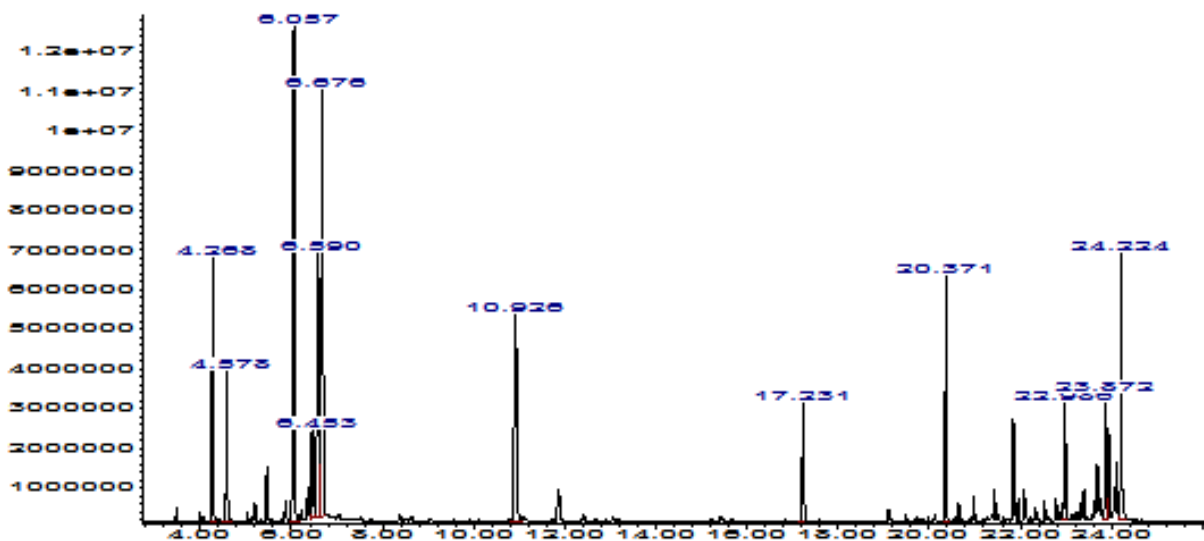


Fig. 22 Alcanfor

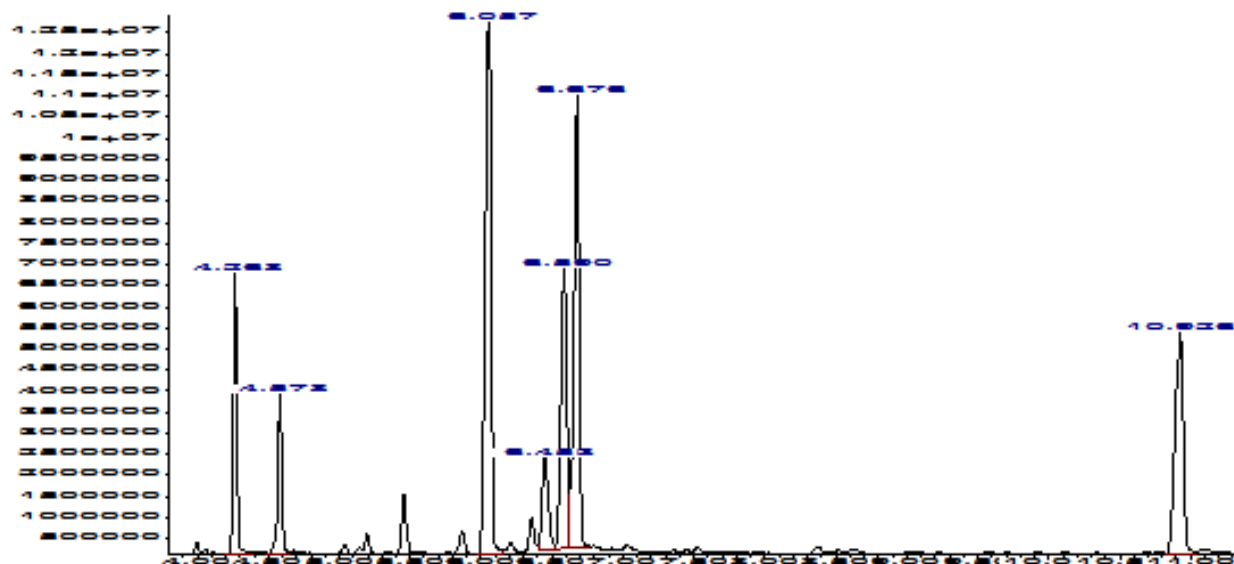
A continuación se presentan los cromatogramas obtenidos del análisis por EM-CG del aceite esencial de *Salvia pachyphylla*

Abundance

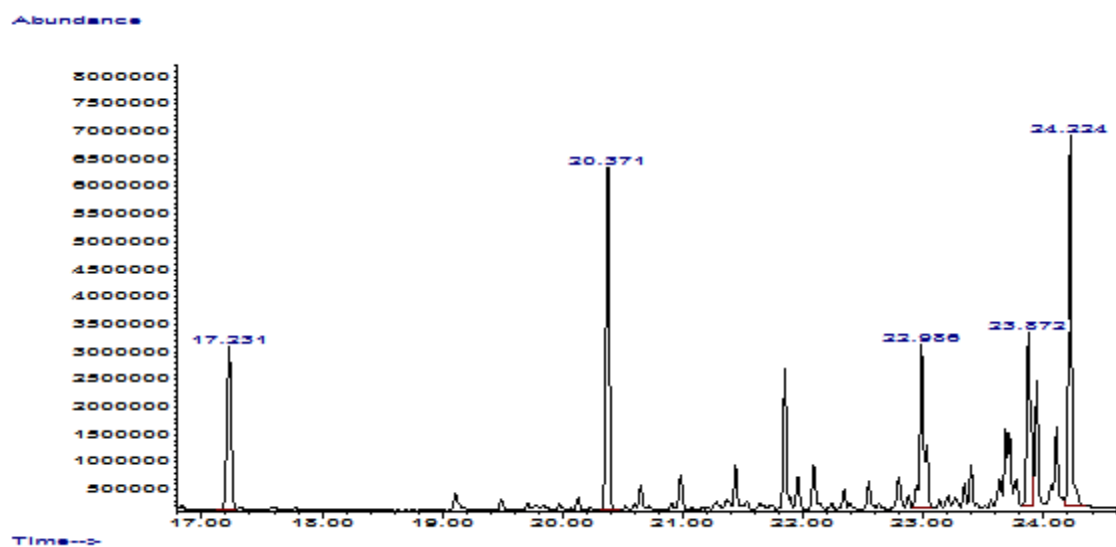


Time-->

Abundance



Time-->



En los cromatogramas mostrados se observa que los componentes mayoritarios son el 3-Careno (19.01%), Eucaliptol (15.61%), Limoneno (11.64%) y Canfor y Alcanfor (11.27%) con T.R de 6.057, 6.676, 6.590 y 10.926 respectivamente.



**ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE**

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a plant like Salvia (Sage), with green leaves visible in the background. The image is framed by a thin black border.

**DECOLORACIÓN
OXIDATIVA
B-CAROTENO**

Decoloración oxidativa β -caroteno

Muestra	% Actividad antioxidante
Aceite esencial	10.57%
Ácido ascórbico	27.64%

Tabla 3. Resultados de decoloración oxidativa de β -caroteno

Se puede observar que de acuerdo a los datos arrojados en la prueba de decoloración oxidativa de β -caroteno, *Salvia pachyphylla* presenta un bajo perfil antioxidante mediante esta técnica ya que quedó por debajo del control positivo presentando tan solo una inhibición oxidativa de un 10.57% sin embargo, esto no quiere decir que no sea un buen antioxidante. Ya que esta técnica suele ser un poco más específica para antioxidantes lipídicos (como el B-caroteno), en general moléculas grandes con porciones alifáticas e instauraciones, lo cual no aplica para los monoterpenos y sesquiterpenos, los cuales componen al aceite.



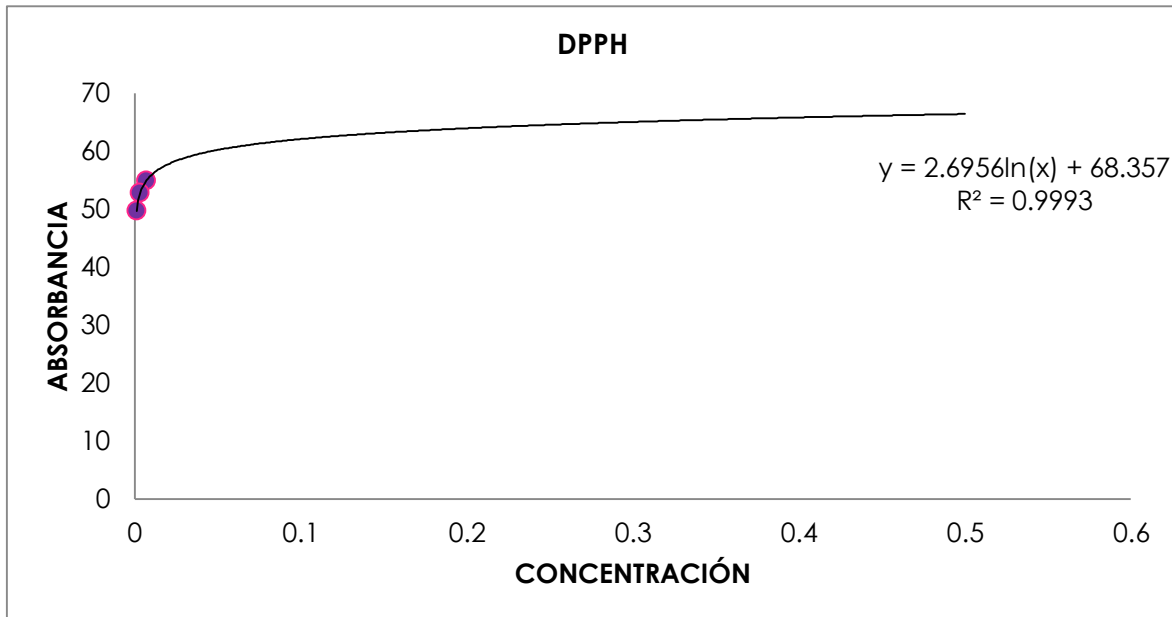
**REDUCCIÓN DEL
RADICAL DPPH Y
NEUTRALIZACIÓN
DEL RADICAL
CATIÓNICO ABTS**

Concentración (mg/ ml)	DPPH (%)	ABTS (%)
0.5	93,72	99,921
0.25	92,31	99,919
0.12	82,91	99,918
0.06	72,22	99,917
0.03	61,79	99,917
0.015	55,38	99,917
0.007	54,94	99,918
0.003	52,78	99,918
0.001	49,70	99,918
Tabla 4. Resultados de actividades antioxidantes DPPH Y ABTS		

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de la actividad antioxidantes para DPPH y ABTS respectivamente.

A continuación se presentan las gráficas de DPPH y ABTS con los resultados obtenidos y su respectiva CE_{50} .

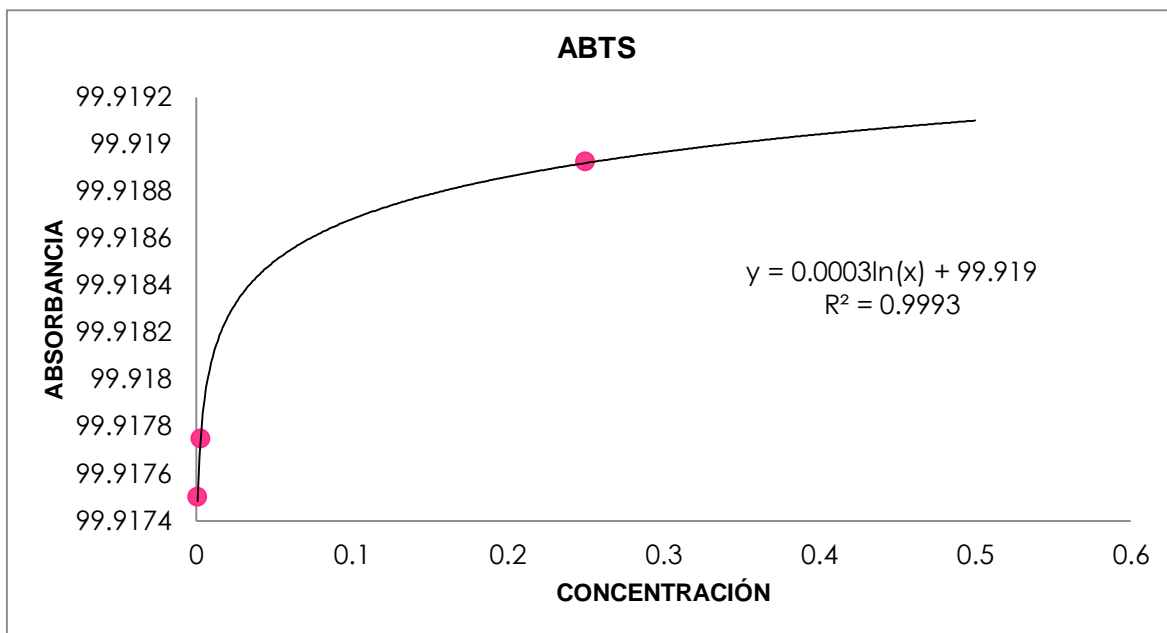
Reducción del radical DPPH



Gráfica 1 Resultados DPPH

En esta gráfica se puede observar una correlación de 0.993 donde se obtuvo una CE_{50} de 1.1×10^{-3} . Estos datos sugieren que por el método de la reducción del radical DPPH este aceite esencial de *Salvia pachyphylla* es muy activo respecto a la actividad antioxidante.

Ensayo decolorativo del radical catiónico ABTS



Grafica 2. Resultados ABTS

Con esta gráfica se puede observar que se tiene una correlación de 0.993 al igual que en DPPH, con un valor calculado de CE_{50} de 0 lo cual nos permite inferir que por este método de la reducción del radical ABTS este aceite esencial de *Salvia pachyphylla* es muy activo respecto a la actividad antioxidante.

En la técnica de reducción del radical libre DPPH, el aceite de *S.pachyphylla* en general mostro un excelente perfil antirradicalario, se obtuvo una mejor actividad a una concentración de 0.5 con 93,72%, seguido de 0.25 con 92.31%, y 0.12 con 82.91% . En general todos los resultados fueron muy buenos, comparados con el control positivo utilizado.

En la técnica de neutralización del radical catiónico ABTS el aceite de *S.pachyphylla* también mostro un excelente perfil antirradicalario, se obtuvo una mejor actividad a una concentración de 0.5 con 99,921%, seguido de 0.25 con 99,919 y 0.12 con 99.918%.

Es importante destacar el hecho que estas dos técnicas antioxidantes, por el contrario a la de β -caroteno, se consideran polares. Una de las ventajas que presentan estos métodos es que los radicales pueden reaccionar lentamente incluso con antioxidantes débiles

(Prakash 2001). El método de DPPH y ABTS se pueden utilizar en disolventes orgánicos acuosos y no polares y se pueden utilizar para evaluar ambos antioxidantes; hidrofílicos y lipofílicos, lo cual no nos permite β -caroteno.

Por lo tanto se llega a la conclusión de que el aceite esencial de *salvia pachyphylla* es muy activo con respecto a su actividad antioxidante.

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a Salvia plant, with the word "CONCLUSIONES" overlaid in the center. The background is a soft-focus green, suggesting foliage. The text is in a bold, black, sans-serif font.

CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas del periodo primaveral fueron un factor determinante en el buen rendimiento del aceite esencial obtenido de *Salvia pachyphylla*.

Los metabolitos secundarios principales que se identificaron como parte de la composición química del aceite esencial de *Salvia pachyphylla*, fueron los terpenos 3-Careno (19.01%), Eucaliptol (15.61%), Limoneno (11.64%) y Canfor y Alcanfor (11.27%) siendo el componente mayoritario el 3-Careno.

Salvia pachyphylla presenta una muy buena actividad antioxidante por los métodos DPPH Y ABTS. En ambos casos se obtuvieron porcentajes de actividad antioxidante mayores al 50% en DPPH y un 99% en ABTS y con una CE50 de 1.1×10^{-3} y 0 respectivamente.

De acuerdo a la baja actividad antioxidante observada por el método de la decoloración oxidativa del b- caroteno se sugiere que los componentes del aceite esencial de esta planta, presentan una mejor acción reductora que como sustrato insaturado de inhibición oxidativa.

Se sugiere que la acción antioxidante del aceite esencial de *Salvia pachyphylla* está en función de la acción sinérgica de sus componentes.

A close-up photograph of a purple flower spike, likely from a species of Salvia, with several clusters of small, tubular flowers. The background is a soft-focus green and blue, suggesting an outdoor garden setting. The word "BIBLIOGRAFÍAS" is overlaid in the center in a bold, black, sans-serif font.

BIBLIOGRAFÍAS

Artículos y revistas

- [28] Álvarez María B., Burgués Maia, Colosito Julieta, Galetti Valeria. *Determinación De La Actividad Antioxidante En Mielles Mediante El Método De Decoloración Del B-Caroteno*. Centro De Investigación Y Desarrollo En Tecnología De Alimentos U.T.N, Argentina.
- [26] Agudo, L. (2010). *Técnicas para la determinación de compuestos antioxidante en alimentos*. Revista de la Educación en Extremadura.
- [3] Barquero, A. (2007) Plantas sanadoras: pasado, presente y futuro. En: *Revista Química Viva, Laboratorio de virología: agentes antivirales y citoprotectores*. Departamento De Química Biología. Facultad De Ciencias Exactas y Naturales. Universidad De Buenos Aires, Argentina.
- [18] Bart O'Brien, S., Anderson, K. (1999) *Plant Guide*. USDA, NRCS United States: Department Of Agriculture Natural Resources Conservation Service.
- [20] Burt Sara. (2004). *Essential Oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Food, International Journal of Food Microbiology*. Department Of Public Health and Food Safety Faculty of Veterinary Medicine University of Utrech, The Netherlands.
- [27] Céspedes, E., Rodríguez, K., Llópiz, N., y Cruz, N. (2010). *Un Acercamiento a La Teoría De Los Radicales Libres Y El Estrés Oxidativo En El Envejecimiento*. En: *Revista Cubana Invest Biomed*.
- [1] Cosme, I. (2008). *El Uso De Las Plantas Medicinales*. Revista Intercultural.
- [17] De Martino Laura, Roscigno Graziana, Mancini Emilia, De Falco Enrica And De Feo Vincenzo (2010) *Chemical Composition and Antigerminative Activity Of The Essential Oils From Five Salvia Species*. Dipartimento Di Scienze Farmaceutiche, Università Degli Studi Di Salerno, Italy.
- [14] Domínguez V. Gabriela Y Castro R. Adriana E. (2002) *Usos Medicinales De La Familia Labiatae En Chiapas, México*. El Colegio De La Frontera Sur, Unidad San Cristóbal De Las Casas.
- [22] Fernández A. José Luis Y Rivera D. Orlando. *Las Labiadas (Familia Labiatae) Instituto De Ciencias Naturales*, Universidad Nacional De Colombia Sede Bogotá.
- [8] Fragoso. I., y Martínez, M. (2013). Una Nueva Especie Del Género Salvia Sección Membranaceae De Guerrero, México. *Acta Botánica Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [4] Fretes, F. (2010). *Plantas Medicinales Y Aromáticas Una Alternativa De Producción Comercial*. Agencia del Gobierno De Los Estados Unidos Para El Desarrollo Internacional (USAID).

- [13] Huisinga D. Kristin. *Cultural Influence as a Factor in Determining The Distribution Of A Rare Sage, Salvia Dorii Subspecies Mearnsii*. Ecological Restoration Institute
- [21] K.A Hammer, C.F. Carson And T.V Riley (1999) *Antimicrobial Activity Of Essential Oils And Other Plant Extracts*. Department Of Microbiology. The University Of Western Australia And The Western Australian Centre For Pathology And Medical Research
- [26] López Víctor, Akerreta Silvia, Cavero Rita Yolanda Y Calvo Ma. Isabel (2007). *Actividad Antioxidante De Plantas Empleadas En La Medicina Tradicional Navarra*. Departamento De Farmacia Y Tecnología Farmacéutica Y Departamento De Biología Vegetal (Sección Botánica)
- [2] Marinoff. M. (2006) *Las plantas medicinales desde la Biblia a la actualidad*. Universidad Nacional del nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Farmacia. Argentina: Facultad de Agroindustrias UNNE.
- [9] Martínez, M., Fregoso, I., García, M., y Montiel, O (2013). *Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo*. *Revista Mexicana de Biodiversidad Herbario de la Facultad de Ciencias*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- [16] *Salvia mellifera Greene* (2010)
- [25] Sánchez, R., Hurtado, L., Ramos, E y M. (s.f.) *Inhibitory Effect On Growth Of Moraxella Catarrhalis. Using Acetone Extract Of Salvia Pachyphylla*. Centro De Ciencias de la Salud, CISALUD, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- [24] Sánchez D. Remedios, Rosales Aguilar Martha, Chavez Daniel And C. Guerrero Iván (2011) *Evaluación Of Salvia Pachyphylla Roots As Potential Antioxidant* CISALUD Valle De Las Palmas Facultad De Medicina Y Psicología, Facultad De Ciencias Químicas E Ingeniería, Universidad Autónoma De Baja California Ciz. Tecnológico Centro De Graduados Instituto Tecnológico De Tijuana
- [19] Takeoka, Hobbd, Ch. Byeoung-Soo Park. (2010). *Volatile Constituents of the Aerial Parts of Salvia apiana Jepson*. *Journal Of Essential Oil Research*.
- [23] Taylor Robin M. And. Ayers Madroño Tina J. (2006) *Systematics of Salvia Pachyphylla (Lamiaceae)*, Department Of Biological Sciences, Northern Arizona University, Flagstaff.

Tesis

- [15]C. Guerrero Iván (2006), Instituto Universitario De Bio-Orgánica Antonio González" Departamento De Química Orgánica Universidad De La Laguna. Tesis Doctoral."
- [7]González G. Jesús Guadalupe (2014), Universidad De Guadalajara, Centro Universitario De Ciencias Biológicas Y Agropecuarias, Tesis Doctoral, *Sistemática De Salvia Sección Membrnaceae (Lamiaceae) Y Diversidad De Lamiaceae En El Occidente De México*

- [29]Martínez V. Jesica Belina (2007) Universidad Tecnológica Mixteca "Evaluación De La Actividad Antioxidante De Extractos Orgánicos De Semillas De *Heliocarpus Terebinthinaceus*
- [11]Supattra Rungsimakan. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy University of Bath Department of Pharmacy and Pharmacology (2011) Phytochemical and biological activity studies on *Salvia viridis* L.
- [12]Jaime Usano A. (2012) *Estudio Del Efecto De Los Factores Ambientales Y Agronómicos Sobre La Producción De Los Aceites Esenciales De Salvia Lavandulifolia Vahl* Universidad Complutense De Madrid Facultad De Ciencias Biológicas .Departamento De Biología Vegetal I (Botánica) Tesis Doctoral

Páginas web

- [5]Espores. (22 de septiembre, 2012). Plantas medicinales, realidad y mito *Espones La Veu Del Botánic Universidad De Valencia*. Recuperado de: <http://www.espores.org/es/>.
- [9]Martínez, M., Fragoso, I., García-Peña, M., y Montiel, O. (2007) Taxonomía y Sistemática, Géneros de *Lamiaceae* de México, diversidad y endemismo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/>
- [6]Medicina Maya. (2011). Recuperado de: <http://www.mayasautenticos.com/>

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

"2017 Año del 60 Aniversario de la Universidad Autónoma de Baja California"

FOLIO No. 014

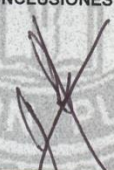
Tijuana, B. C., a 02 de mayo de 2017.

C. Michelle Aline Espíndola Ordoñez
Pasante de Químico Industrial
Presente

El tema de trabajo y/o tesis para su examen profesional, en la
Opción Tesis

Es propuesto, por el Dr. Iván Córdova Guerrero quien será el responsable de la
calidad de trabajo que usted presente, referido al tema "Caracterización química
y evaluación antioxidante del aceite esencial de Salvia pachyphylla", el cual
deberá usted desarrollar, de acuerdo con el siguiente orden:


- I.- INTRODUCCIÓN
- II.- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
- III.- ANTECEDENTES
- IV.- METODOLOGÍA
- V.- RESULTADOS
- VI.- CONCLUSIONES



Dr. Iván Córdova Guerrero
Director de Tesis



Dr. Luis Enrique Palafox Maestre
Director



Dr. José Luis González Vázquez
Subdirector