UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

ESTUDIO FITOQUÍMICO DE LA *BURSERA SARUKHANII*, ESPECIE ENDÉMICA DE LA REGIÓN LIMÍTROFE ENTRE LOS ESTADOS DE GUERRERO Y MICHOACÁN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO FARMACOBIÓLOGO

P R E S E N T A:

ANTONIO RODRÍGUEZ LUNA

ASESORES:
D.C JUAN DIEGO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
Doctor en ciencias en química orgánica
D.C. LUISA URANIA ROMÁN MARÍN
Doctora en ciencias en química orgánica

MORELIA, MICHOACÁN. JULIO 2013

EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZÓ EN EL LABORATORIO DE QUÍMICA DE PRODUCTOS NATURALES DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICO-BIOLÓGICAS, DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, BAJO LA ASESORÍA DEL D.C. JUAN DIEGO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ Y DE LA DRA. LUISA URANIA ROMÁN MARÍN.

EL TEMA DE ESTA TESIS FORMA PARTE DE LOS PROYECTOS

"FITOQUÍMICA DE BURSERACEAE Y ASTERACEAE DE LAS CUENCAS DEL BALSAS Y DEL PAPALOAPAN Y ESTADOS ADYACENTES"

APOYADO POR LA COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA U. M. S. N. H.

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo está dedicado con todo mi amor y cariño.

A ti DIOS por darme la dicha de estar vivo y por haberme dado una familia maravillosa a la cual quiero y amo con todo mi ser.

A quienes son mi principal motivación, pero por sobre todo, a quienes son el pilar más importante en mi formación profesional y personal. Mis padres Antonio Rodríguez González y Guadalupe Luna Hernández gracias por todo el apoyo tanto económico como motivacional. Gracias por confiar en mí y por haberme enseñado que no importa la situación, que siempre hay que salir adelante. Prometo no defraudarlos y siempre seguir sus consejos. Los amo y los amare eternamente.

A mi hermana Aylin Guadalupe Rodríguez Luna por estar conmigo y ser parte de este logro. Muchas gracias “Cabezona”, sabes que te quiero mucho y que siempre estaré aquí para apoyarte.

A TODOS mis familiares. Quisiera nombrarlos uno por uno, pero creo me llevaría mínimo otro ciento de hojas más. Gracias a todos ustedes por siempre darme consejos y por compartir conmigo muchos momentos de alegrías y tristezas, pero sobre todo por estar conmigo en los momentos más importantes de mi vida, como lo es ahora.

A todos mis AMIGOS y COMPAÑEROS Karen, Itzel, Ana Silvia, Evelin,Ortensia, Cesi, Alejandra, Yazmín, Belen Yunuen, Yareli, Angel, Ernesto, Osvaldo, Medrano, Juan Carlos, Aldo. Liiron, Victor, Juliana, Arianna, Arcelia, Melany, si alguno se me pasa mencionar disculpen.Saben que siempre los recordare y pues como dice un refrán “Arriero somos y en el camino andamos”. Muchas gracias por compartir conmigo tantos momentos de felicidad.

A TÍ por haber llegado a mi vida justo en el momento que más te necesitaba. Gracias por estar conmigo en los momentos difíciles, pero sobre todo…Gracias por llenarme de dicha y felicidad. Recuerda que... “Yo voy amarte hasta saber que ya no existe esa palabra, que describe todo este sentimiento, que siente este corazón que está en tus manos”… ¡CONTIGO SIEMPRE!

Y por último pero no menos importante. Al DC. Juan Diego Hernández Hernández y a la Dra. Luisa Urania Román Marín. Gracias por conducirme en mi formación profesional, pero sobre todo, gracias por su calidez humana. “Ustedes son un ejemplo a seguir para mí”.

GRACIAS a todas las personas que de alguna u otra manera contribuyeron para dar este gran paso en mi vida.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN---------- 1

PARTE TEÓRICA---------- 21

DISCUSIÓN Y RESULTADOS ---------- 50

CONCLUSIONES ---------- 91

BIBLIOGRAFÍA ---------- 92

INTRODUCCIÓN

Endemismo es un término utilizado en biología para indicar que la distribución de un taxón está limitado a un ámbito geográfico reducido, es decir que un endemismo es un taxón propio de un determinado lugar,[1-13] área o región biogeográfica, exclusivo de ese territorio y que no se encuentra de forma natural en ninguna otra parte del mundo, por ello, cuando se indica que una especie es endémica de cierta región, significa que sólo es posible encontrarla de forma natural en ese lugar, por lo que la palabra se deriva del hebreo que significa lugar de origen.

El término endemismo es considerado dentro de un abanico muy amplio de escalas geográficas: así, un organismo o un individuo puede ser endémico de una cima montañosa o un lago, de una cordillera o un sistema fluvial, de una isla, de un país o incluso de un continente.

Normalmente el concepto se aplica a especies, aunque también puedeusarse para otros taxones como subespecies, variedades, géneros, familias, etc.

Un endemismo típico es la secuoia gigante ó *Sequoaidendron giganteum* que sólo se encuentra en la Sierra Nevada californiana; el Sequoiadendron es un género de árboles perteneciente a la familia de las Cupresáceas, también llamada Taxodiáceas, este género tiene una sola especie, correspondiente al árbol, *Sequoiadendron giganteum* Buchh, la secuoya o secoya gigante, también llamada velintonia, wellingtonia, secoya de Sierra o Gran árbol. *Sequoaidendron giganteum* es una de las tres especies de coníferas conocidas como

Secuoyas, clasificada en la subfamilia de las Sequoioideae, junto con *Sequoia sempervirens* (Secoya de costa) y *Metasequoia glyptostroboides* (Secoya del alba).

Entonces una especie endémica llamada también especie microareal, es aquella especie o taxón que incluso puede ser un género por ejemplo, se encuentra restringida a una ubicación geográfica muy concreta y fuera de esta ubicación no se encuentra en otra parte, luego la extensión geográfica puede ser muy variable habiendo especies endémicas de una población determinada o de una provincia o país, (por ejemplo las plantas endémicas de México,[14-46] o las plantas endémicas de Michoacán, igualmente hay anfibios endémicos en Pátzcuaro, o quizás insectos y aves).

El endemismo surge como consecuencia de la especiación que se provoca ante la aparición de barreras naturales que impiden el intercambio genético, de esta manera, aparecen especies diferentes restringidas a esas zonas geográficas, estas especies son más vulnerables a la extinción pues sus poblaciones suelen ser reducidas en número de individuos y por tanto su respuesta genética ante el cambio de las condiciones naturales es menor, lo que permite un desarrollo y control de programas de protección es precisamente el grado de endemismo, cuanto menor sea el área de distribución del endemismo más prioritarios tendrían que ser éstos para la conservación, en las que quedan incluidas especies que son muy poco abundantes en un determinado lugar por lo que se menciona o define como de especie rara o amenazada, aunque no necesariamente las especie endémicas se encuentran amenazadas, por lo general suele ser así.

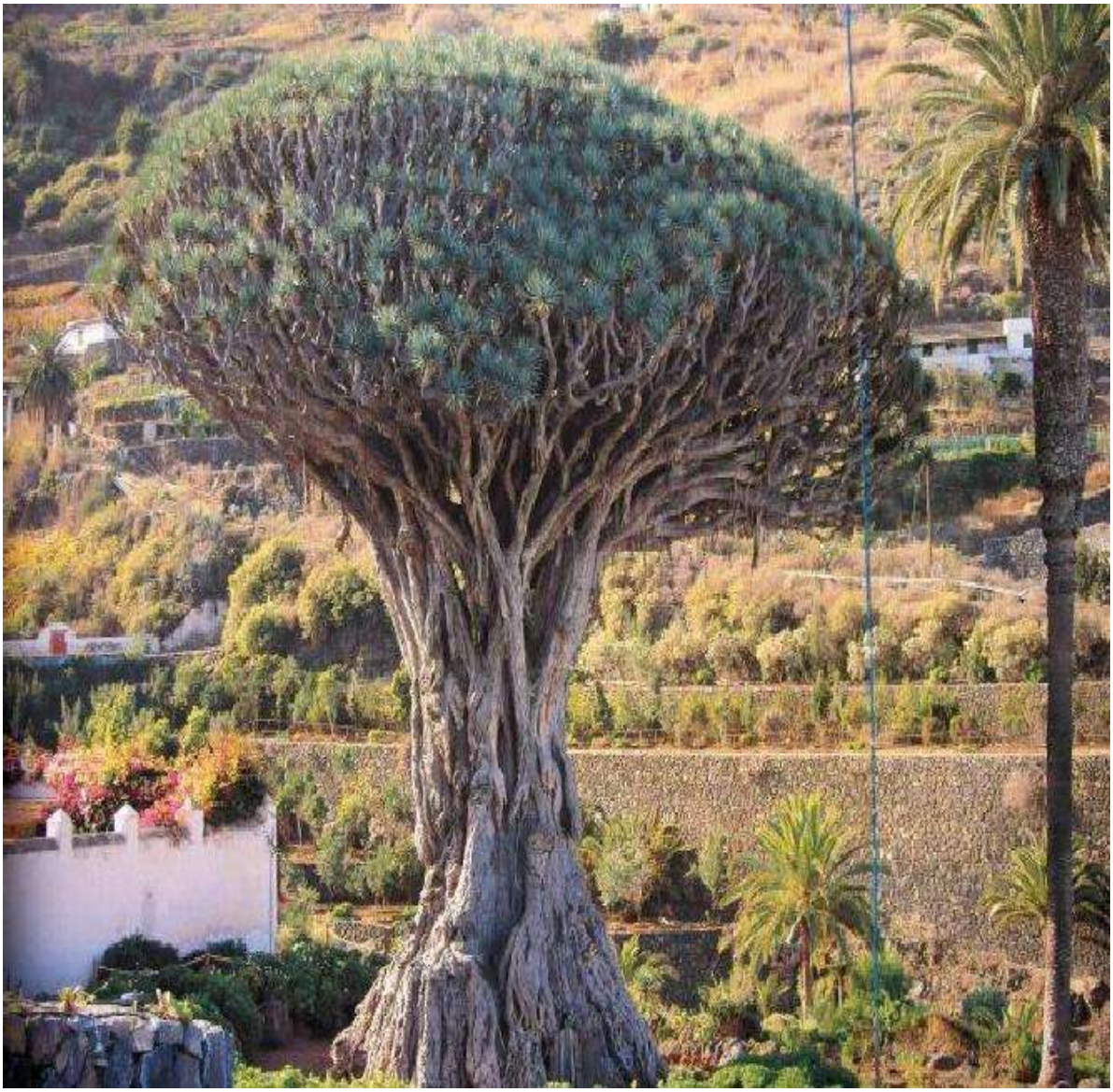
Las islas, dado su aislamiento, son lugares con una elevada tasa de endemismos, por ejemplo Australia, que no ha tenido contacto con el resto de tierras emergidas desde hace más de 50 millones de años, posee una flora y una fauna exclusivas y muy distinta del resto del mundo; la mitad de las aves de la isla de Nueva Guinea y la mitad de los mamíferos que habitan Filipinas son endémicos.

En este sentido destaca Madagascar debido a que todos sus anfibios son endémicos, el 90% de sus reptiles (la mitad de las especies de camaleones del planeta), el 55% de sus mamíferos (como los lémures y los fosas) y el 50% de sus aves son endemismos y aproximadamente el 80 % de sus plantas no habitan en ninguna otra región el mundo. El 95% de las especies de peces de los Grandes Lagos africanos son endémicas.

Las islas volcánicas, que nunca han estado en contacto con masas continentales son especialmente ricas en especies

endémicas;las especies que las habitan son descendientes de las que llegaron en tiempos pasados y pudieron adaptarse.

Como excelentes ejemplos se encuentran el archipiélago de Hawái o las islas Galápagos (que inspiraron a Charles Darwin su famosa teoría de la evolución), y las islas Canarias, con 500 especies de plantas endémicas en particular la isla de Tenerife, que presenta la mayor relación de endemismos florísticos de la región macaronésica, por ejemplo el árbol endémico drago (*Dracaena draco*) conocido desde la antiguedad como «ARBOR DRACONIS» por negociantes y navegantes Europeos que buscaban la “SANGRE” (Resina de color Rojo) del venerado árbol de los Guanches.



El Eucalipto Arco Iris (*Eucalyptus deglupta*) o también llamado Gomero de Mindanao, es la única especie de Eucalipto que se encuentra en el hemisferio norte, puede crecer hasta 70 metros de altura y su tronco brilla con colores del arco iris, su obscura corteza puede adoptar los colores amarillo, verde, naranja hasta lila, esto según la edad del árbol y conforme su tronco se descascara, los colores se van mezclando.

Para ver un Eucalipto Arco Iris en sus territorios de origen, se tendría que viajar a Indonesia, Papúa Nueva Guinea o Las Filipinas, que son los únicos 3 países donde el árbol es nativo, sin embargo, también ha sido introducido por su exótica madera a Sud América,[47] Malasia, Sri Lanka, China, USA y otros países.

México es uno de los países con mayor número de taxa endémicos, aldededor del 57% de sus especies de plantas con flores se

encuentran restringidas a su territorio. Porcentajes de endemismo superiores a estas cifras solamente han sido encontrados en algunas islas como Hawaii, Madagascar, Nueva Guinea y en la porción sur del Continente Africano.[48]

En particular se puede mencionar que muchas familias de Angiospermas registran igualmente en México un alto grado de endemismo; entre las familias que tienen como endémicas a más de la mitad de sus especies conocidas en el país, se encuentran las Asteráceae; Bromeliaceae; Cactaceae, Euphorbiaeae; Fabaceae; Lamiaceae y Scrophurlarilaceae entre otras.

Entre los principales factores que determinan la gran riqueza florística endémica en México, están los climáticos y los geográficos.

Hay evidencias que muestran que las comunidades de clima seco o árido son ricas en endemismos, se ha calculado que el total de géneros de la flora leñosa presente en las zonas áridas, el 43% son endémicos, además se considera que el 60% de sus especies son

endémicas. Por otro lado a lo largo del País se han detectado sitios con particular concentración de taxa endémicos, a los cuales se les han llamado "islas ecológicas" entre las que se encuentran la Cuenca del Río Balsas o las Sierras Madre Oriental[49-60]y Occidental y en los límites Estatales surorientales de Puebla y nororientales de Oaxaca, se han reconocido como una Provincia Florística que forma parte de la Cuenca Alta del Río Papaloapan y que puede ser considerada también como una "isla ecológica" dado el alto número de especies endémicas registradas en su territorio y además es un sitio de amplia

diversidad biológica, que recientemente se ha decretado como una Área Natural Protegida.

Ahora la magnitud de un endemismo desde un nivel comparativo se esa como un indicador del grado

de "singularidad" de una determinada flora o fauna o sea de la cuantificación de su distinción con respecto a las floras de otras regiones del Continente o del Mundo.

Como en México, la mayor parte de su territorio no es de carácter insular y aparentemente no lo ha sido al menos desde los finales del Cretácico cuando emergió el grueso de su placa continental. A pesar de no ser una isla México se encuentra constituido por un buen número de regiones que funcionan como islas ecológicas de mayor trascendencia , de las cuales una de ellas corresponde al conjunto de las zonas mexicanas de clima árido, que si bien no se encuentran aisladas de los "desiertos" del oeste de los Estados Unidos , de hecho existe una diferencia climática tan drástica entre ambas, que la flora de la porción meridional y más calurosa, prácticamente no comparte plantas comunes con la parte boreal y más fría del "desierto" intermontano de la Gran Cuenca, existiendo tan solo un estrecho tramo transicional conocido como el "desierto de Mohave".

Una situación análoga se presenta en el caso de las porciones montañosas de México, caracterizadas por el clima "templado" y semihúmedo. Estas áreas tampoco se encuentran efectivamente desconectadas de las cordilleras del occidente norteamericano, pero de hecho la corta discontinuidad que separa la Sierra Madre Occidental de Sonora y Chihuahua del extremo meridional de las Rocallosas en Nuevo México, una vez más divide dos floras muy diferentes al menos a nivel de especies.[62]

Del lado Sur un papel muy similar le toca jugar a la Depresión de Nicaragua, pues el grueso de los elementos florísticos característicos de las montañas de México, alcanza Guatemala, una buena porción llega a Honduras y al norte de Nicaragua, pero pocos reaparecen en Costa Rica y Panamá.

Otro conjunto de islas ecológicas, lo constituye la correspondiente al Bosque Tropical Caducifolio de México, que se extiende por el lado de la vertiente Pacíficahasta Nicaragua y el extremo noroeste de Costa Rica.A esta unidad también le corresponde una flora propia, originada sin lugar a dudas en función de su aislamiento geográfico.

Como los taxa endémicos pueden analizarse de acuerdo con varios parámetros y criterios, por lo que respecta a la abundancia ó rareza de las plantas, se conocen un buen número de especies endémicas cuyas poblaciones constan de pocos individuos a menudo nada fáciles de encontrar como por ejemplo Gentiana purpusilla, Opizia bracteata ó Tigridia martinezii, el grueso del conjunto

no presenta necesariamente estas características y muchas de las plantas endémicas son comunes o muy comunes, es más un abrumador número de especies que son de las más abundantes, conspicuas y características del paisaje mexicano, son de distribución restringida o casi restringida al país, como por ejemplo muchos nopales (*Opuntia leucotricha*, *O. robusta*, *O. stenopetala* etc. y muchas otras más),[63] magueyes (*Agave aplanata*,*A. atrovirens*, *A. inaequidens* etc.), izotes o palmitas (*Yucca carnerosana*, *Y. decipiens*, *Y. filifera*, etc.),[64] encinos (*Quercus castanea*, *Q. crassipes*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata*, etc.), pinos (*Pinus cembroides*, *P. leiophylla*, *P. patula*, etc.),[65] el oyamel (*Abies religiosa*), los copales[66-69](*Bursera bonetii*, *B. sarukhanii*,*B.vejarvazquezii*, etc.) y los cuajiotes[70-73](*B. suntui*, *B. trifoliolata*, *B. trímera*, etc.)

Una gran parte de los elementos endémicos de la flora de la República Mexicana corresponde a una serie de islas o eventualmente penínsulas ecológicas

que tienen una mayor extensión y sobresalen, el conjunto de principales cordilleras como las Sierras Madres Oriental, Occidental y del Sur, el Eje Neovolcánico Transversal y los sistemas montañosos de Chiapas, del norte de Oaxaca y del noroeste de la Península de Baja California; también el área de "Tierra Caliente"de la vertiente del Pacífico desde el Estado de Sonora hasta Chiapas, incluyendo la extensa Depresión de la Cuenca del Río Balsas.

Los taxa paleoendémicos representan reliquias de linajes vegetales del pasado geológico más o menos lejano y en tal condición poseen un significado especial, pues su existencia y sobre todo su concentración atestiguan la antigüedad tanto de la flora de la que están formando parte como también de las condiciones ecológicas en las que se desarrollan, tanto las climáticas como las fisiográficas y por ende de la permanencia misma de determinadas áreas en calidad de tierra emergida.

En México los paleoendemismos parecen ser particularmente abundantes entre las plantas adaptadas a la aridez, pero tampoco faltan en otras condiciones ambientales.

Un importante conjunto de taxa de distribución restringida que en su mayoría han de considerarse como relictuales y en consecuencia como paleoendémicos es el que se encuentra en áreas que han funcionado como refugios de la flora durante las épocas de clima cambiante del Pleistoceno y en épocas anteriores.

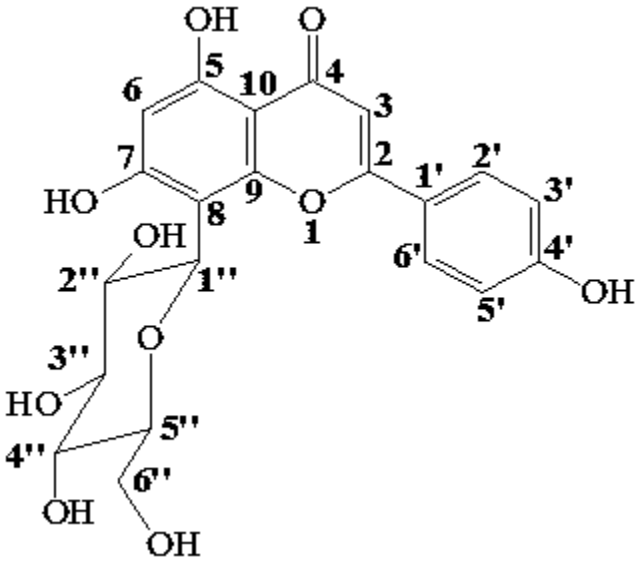
La existencia de tales zonas de asilo lleva poco tiempo en el que se han comenzado a detectar, entre las cuales se encuentran las regiones calurosas del Cañón del Zopilote en el Estado de Guerrero[77 y 78]y la Presa hidroeléctrica sobre el Río Balsas, llamada Adolfo López Mateos mejor conocida como la Presa del Infiernillo ubicada en el municipio de Coahuayutla, en los límites de Guerrero con Michoacán, aproximadamente a 70 km de su desembocadura en el océano Pacífico contando con un embalse de 120 kilómetros de longitud y una superficie 40,000 ha.

En este entorno climático crece la *Bursera sarukhanii* la cual es una de las especies que parece restringir su distribución exclusivamente en la región del Infiernillo y sus alrededores donde se extiende a porciones vecinas de los Estados de Michoacán y

Guerrero, en donde se han detectado ejemplares en Las Juntas de Cujarán pertenecientes al Municipio de Zirándaro y en Los Olivos y el Ciriancito en donde coexiste con otras especies de Burseras como son la *Bursera crenata, B. trifoliolata*, *B. toledoana*,*B. paradoxa, B*. *infernidialis*, *B. fagaroides* entre otras.

Estudios previamente llevados a cabo en nuestro laboratorio en varias especies que pertenecen al género *Bursera*, hemos reportado a los componentes principales obtenidos de las hojas de la *Bursera grandifolia* (Schlecht.) Engler colectada en el tramo carretero entre Tuxpan, Zitácuaro y Jungapeo, Michoacán de las cuales se obtuvo del extracto metanólico la vitexina **1** la cual es un glicósido flavonoide C-glicosidado y al 3O-Rhamnósido de miricetina **2** el cual fue obtenido del extracto metanólico de las hojas de la *Bursera sarukhanii* Guevara & Rzedowski colectada en los Olivos en el Estado de Michoacán.

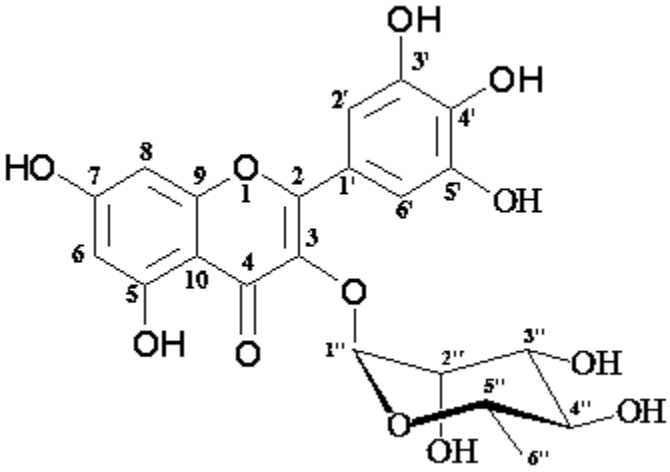
Bursera grandifolia
(Achlecht.) Engler



1

Vitexina

Bursera sarukhanii
Guevara & Rzedowsky



2

3O- Rhamnósido de miricetina

SECCIÓN BULLOCKIA

NOMBRE BINOMIAL DE LA PLANTA
1.-*Bursera asplenifolia* Brandegee
2.-*Bursera altijuga* Brandegee
3.-*Bursera bicolor* (Willd. ex Schltdl.) Engl.
4.-*Bursera biflora* (Rose) Steandl.
5.-*Bursera bipinnata* (DC.) Engl.
6.-*Bursera bonetii* Rzed.
7.-*Bursera citronella* McVaugh & Rzed.
8.-*Bursera copallifera* (DC.) Bullock
9.-*Bursera cuneata* (Schltdl.) Engl.
10.-*Bursera esparzae* (Schltdl.) Engl.
11.-*Bursera excelsa* (HBK) Engl.
12.-*Bursera fragantissima* Bullock
13.-*Bursera glabrifolia* (HBK) Engl.
14.-*Bursera graveolens* (HBK) Triana & Planch.
15.-*Bursera heliae* Bullock
16.-*Bursera heteresthes* Bullock
17.-*Bursera hintonii* Bullock
18.-*Bursera infernidialis* Guevara & Rzed.
19.-*Bursera linanone* La Llave & Rzed.
20.-*Bursera palmeri* S. Wats.
21.-*Bursera paradoxa* Guevara & Rzed.
22.-*Bursera penicillata* Guevara & Rzed.
23.-*Bursera ribana* Guevara & Rzed.
24.-*Bursera sarukhanii* Guevara & Rzed.
25.-*Bursera simplex* Guevara & Rzed.
26.-*Bursera submoniliformis* Engl.
27.-*Bursera trímera* Bullock
28.-*Bursera véjar-vazquezii* Miranda
29.-*Bursera vellutina* Bullock
30.-*Bursera xochipalensis* Rzed.

Tabla I Burseras que pertenecen a la Sección Bullockia de las que se han aislado metabolitos de alguna parte de la planta.

La *Bursera sarukhanii*** es una especie que se encuentra clasificada dentro de la sección Bullockia, no presenta exfoliación en su corteza por la que quedaconsiderada en esta sección y se encuentra enlistada en la **Tabla I** en donde ya se han realizado algunos estudios previos como se ha mencionado antes, además es una especie cuyo hábitat se localiza entre los Estados de Guerrero* y Michoacán** por lo que el objetivo del presente trabajo de Tesis es el estudio de los metabolitos obtenidos del extracto hexánico de sus tallos y representa una continuación a los estudios fitoquímicos que se han venido realizando en el Laboratorio de Productos Naturales con la finalidad de llevar a cabo el acopio y comparación de los resultados con los obtenidos de otras especies que pertenecen a la misma sección para así validar estudios con objetivos quimiotaxonómicos.

*** "Triterpenos de *Bursera bonetii* y de *Bursera xochipalensis*, Burseraceae endémicas de laSierra Madre del Sur."Juan Diego Hernández-Hernández, Antonio Rodríguez-Luna, Angel A. del Río Chávez y Luisa Urania Román-Marín.*8a*. REUNIÓN INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ENPRODUCTOS NATURALES, "Dr. Pedro Joseph-Nathan" *Revista Latinoamericana de Química*, Vol. 38, Número Especial, pág. 144, C/90, (2011).**

**** "Terpenoides del extracto hexánico de los tallos de*Bursera infernidialis* y de *Bursera sarukhanii*, especies de la Cuenca baja del Río Balsas y en la Región aledaña a la Presa del Infiernillo". Juan Diego Hernández-Hernández, Antonio Rodríguez-Luna, Alejandra del Carmen Corona-Loeza y Luisa Urania Román Marín.*9a*. REUNIÓN INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ENPRODUCTOS NATURALES, " D.C. Luisa Urania Román-Marín".*Revista Latinoamericana de Química*, Vol. 40, Número Especial, pág. 172, C-128, (2013).**

PARTE TEÓRICA

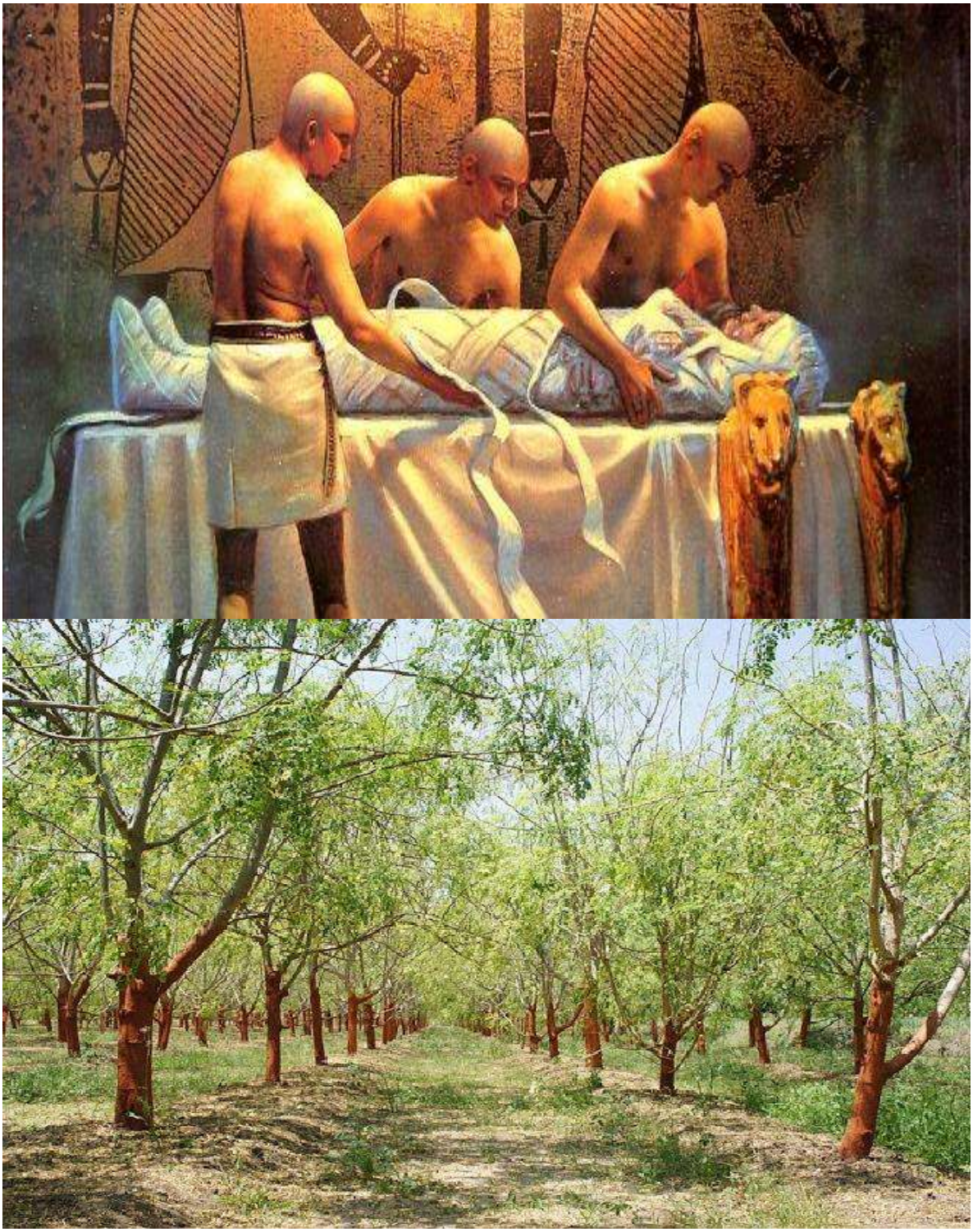
El hombre primitivo descubrió que las plantas que servían para alimentarse afectaban su manera de sentirse, pero esto fue un proceso de aprendizaje lento, basado en la observación minuciosa de lo que la naturaleza le ponía a su disposición , así el conocimiento de qué plantas podían ser comestibles, cuales tenían poderes "mágicos" o propiedades que pudieran contribuir a su bienestar, de tal suerte que con el correr del tiempo el uso de las plantas cada vez más fue diversificándose de tal manera que el uso aromático de las mismas fue muy significativo en distintas civilizaciones.

El término perfumar proviene del latín que significa "a través del humo", su origen se remonta a una época en la que se quemaban hierbas y cortezas aromáticas y como consecuencia de ello se fueron detectando diferentes reacciones ante determinados aromas, por lo que debido a estos efectos las plantas aromáticas fueron utilizadas en ritos religiosos y mágicos, así como también en las denominadas artes curativas.

Las civilizaciones orientales jugaron un papel histórico relevante aplicandotécnicas de prensado, cocción y maceración de plantas aromáticas para obtener fragancias de flores, hojas, maderas, gomas y resinas que datan al 4000 años A.C., aunque los primeros datos escritos que se tienen acerca de las propiedades curativasde los aromas[89] de las esencias y las técnicas para su extracción y uso data de China y se encuentran fechados entre los 1000 y 700 años A.C.

La cultura Egipcia también registra los usos medicinales de las hierbas aromáticas, además de recetas y remedios para una cantidad de malestares. Existen papiros que datan de unos 2800 a A.C. en los que se describe el uso de sustancias balsámicas, de aceites perfumados, cortezas y resinas aromáticas, especias y vinagres aromáticos, vinos y cervezas utilizados en la medicina, astrología, liturgia y embalsamamiento. La mayor parte de los aceites esenciales usados en Egipto eran elaborados a través de infusiones de hierbas y gomas aromáticas en vino o en aceite graso. Los aceites más comúnmente utilizados eran el de moringa, la cual es unaplanta arbórea, popularmente conocida como el marango que es originaria del corazón de Asia al norte de India, en las regiones subhimalayas,

entre los 600 y 700 metros sobre el nivel del mar, crece en casi cualquier tipo de suelo, pertenece a un género de plantas con numerosas especies distribuidas en las zonas áridas y semiáridas de Asia, Africa y Madagascar.



Durante la ocupación de la India y países vecinos por los británicos, el marango se esparció ampliamente, su estudio cobró mucho interés debido al uso muy diverso que tenía en culturas milenarias.Pertenece al orden de las Brassicaceae y a la familia Moringaceae y al género Moringa; la especie *Moringa oleifera* es un árbol que no alcanza gran altura, hasta 10 o 12 m, su crecimiento en condiciones de cultivo es muy rápido, en el primer año puede desarrollar varios metros, hasta tres o incluso cinco en condiciones favorables de cultivo; es resistente a la sequía, aunque con tendencia a perder las hojas en períodos de estrés hídrico, se ha notado que su desarrollo se beneficia con algún riego esporádico.

Algunas otras especies conocidas son la *Moringa concanensis* procedente también de la India; la *Moringa arborea* originaria del noroeste de Kenya, la *Moringa hildebrandtii* crece en Madagascar; *Moringaborziana* habita en Kenya y Somalia; la *Moringaovalifolia* de Namibia y el extremo suroeste de Angola y finalmente a la *Moringaperegrina* que se desarrolla en Arabia y el Mar Rojo, entre otras muchas.

La*Moringa oleifera* además es una de las especies vegetales con mayor contenido de aceite (35%), compitiendo con los olivos (*Olea europae*); el aceite de Moringa posee una excepcional estabilidad oxidativa que podría explicar el por qué los egipcios colocaban jarrones de aceite de moringa en sus tumbas e impregnaban del aceite a los preparados balsámicos para la conservación de los muertos.

Como especie vegetal debido a su alto contenido de aceite, la convierte potencialmente en un recurso importante para fabricar biodiesel de calidad., ya que en agroestudios su cultivo tiene un rendimiento de 2500 kg/hectárea, produciendo casi 1500 litros de aceite y más de 1400 litros de biodiesel/ha, lo que ha llevado a que su cultivo se investigue en varios lugares del mundo.

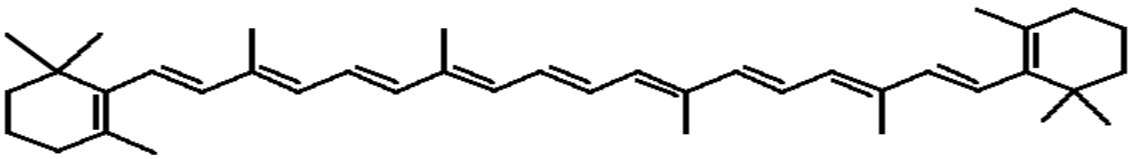
En Paraguay, en la localidad de Cerrito en Benjamín Aceval hay un cultivo experimental muy interesante de *moringa oleifera* con fines exclusivos para la investigación de esta planta.

Su madera sirve como leña y para hacer carbón o celulosa para papel de gran calidad. La planta es considerada como buena purificadora del agua y si se utiliza como forraje, se destacan otra larga lista de características benéficas, ya que sirve tanto para ganado vacuno, porcino, ovino, caprino o para la industria avícola, entre otros, en los que genera importantes incrementos en el rendimiento, tanto de ganancia de peso como de producción. La planta florece a los 7 meses de su plantación, debido a su excepcional crecimiento y por la belleza de sus flores es muy utilizada como planta ornamental.

Del extracto de la corteza del árbol se han reportado propiedades antifúngicas, el jugo de su corteza posee efecto antibacteriano frente a *Staphylococcus aureus*, mientras que el jugo de las hojas frescas ha demostrado inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos para los seres humanos (*Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*). Sus hojas frescas tienen una propiedad purgante y se aplican como cataplasma en las llagas, se frota en las sienes para el dolor de cabeza, pero la principal utilidad de las hojas es su uso como complemento alimenticio, que tradicionalmente las hojas son una verdura, las cuales son añadidas a muchos platillos en las preparaciones culinarias.

El 40% de sus hojas es pura proteína, contiene más calcio que la leche de vaca, más vitamina A que la zanahoria, más vitamina C que las naranjas, más hierro que las espinacas, más potasio que los plátanos; más proteínas que la carney la soya; más magnesio que las lechugas y contiene una cantidad de antioxidantes que ayudan con mucho, contra el envejecimiento del tejido epitelial.

El sabor de la moringa es agradable y sus partes se pueden comer crudas, especialmente las hojas y flores, éstas son de color crema y brotan principalmente en épocas de sequía, cuando el árbol suele perder las hojas o también pueden comerse cocidas de varias formas. El jugo de las hojas tiene un sabor ligeramente picante (entre berro y rábano).La moringa posee más de una veintena de antioxidantes, siendo una de las fuentes naturales más ricas de antioxidantes, un poco comparado con la granada o el té verde. Un ejemplo de uno de sus antioxidantes es el β-caroteno **3**.



3

Además da un fruto en forma de vainas que, estando verdes, se pueden cocer y tienen sabor parecido a los ejotes (chauchas); cuando las vainas están maduras se hierven con un poco de sal, se abren y se extraen las semillas y éstas tienen un sabor parecido al garbanzo, otra manera de consumirlas es tostándolas.

El jugo de la raíz (que es muy amarga) se aplica externamente para la cura de la irritación de la piel, también las raíces son usadas cocidas en té contra la gota.

En Madagascar el aceite que se extrae de las semillas es muy apreciado y es conocido como aceite Ben o aceite de Behen, (el nombre de un ácido graso es el ácido behénico) del cual el 73% se reporta como ácido oleico.

Su semilla contiene un 40% de aceite, que es de alta calidad, de baja viscosidad y sabor dulce.

El ácido behénico es un ácido saturado de cadena larga que pertenece al grupo de los ácidos grasos saturados, clasificados así a partir de doce átomos de carbono y se encuentra en la lista de los ácidos grasos eicosanoides,[90-92] que son aquellos que contienen veinte o más átomos de carbono.

$C_{12}H_{24}O_2$	**ÁCIDO LÁURICO**
$C_{14}H_{28}O_2$	**ÁCIDO MIRÍSTICO**
$C_{16}H_{32}O_2$	**ÁCIDO PALMÍTICO**
$C_{18}H_{36}O_2$	**ÁCIDO ESTEÁRICO**
$C_{20}H_{40}O_2$	**ÁCIDO ARÁQUICO**
$C_{22}H_{44}O_2$	**ÁCIDO BEHÉNICO**
$C_{24}H_{48}O_2$	**ÁCIDO LIGNOCÉRICO**

El aceite de moringa se considera un aceite no seco con un ligero sabor a nuez, sus propiedades curativas fueron muy documentadas por las culturas antiguas en las que fue muy utilizado por los egipcios en ungüentos para la preparación de la piel.

Actualmente tiene un valor en la industria cosmética muy apreciado ya que productos comerciales que lo contienen se usan para el cuerpo en cremas hidratantes y en el cuidado del cabello en acondicionadores. El aceite de moringa no se arrancia con facilidad, es muy duradero con una vida útil hasta de 5 años.

Las flores son de color crema y aparecen principalmente en las épocas de sequía, cuando el árbol suele perder las hojas, en la actualidad se encuentra distribuidas ampliamente en los trópicos en los que se ha introducido por su carácter ornamental.

El sabor de la moringa es agradable se puede comer cruda, especialmente las hojas y las flores, éstas son ricas en carbohidratos , de buen sabor, pueden comerse cocidas de varias formas, mezclarse con huevos batidos para cocinar una tortilla u omelet.

Hierba del ajo (*Alliaria petiolata*) pertenece al Subreino de las plantas vasculares (*Tracheobionta*) y a la División de las plantas que florean (Magnoliophita);es una Brassicaceae (Cruciferae)que pertenece a la familia de la mostaza, es una planta bienal, pero de vez en cuando alcanzan la madurez en un año. El nombre del género *Alliaria*, viene de "Allium", debido al olor que tienen las hojas que recuerda al ajo cuando éstas son trituradas.

Es nativa de Europa, Asia occidental y central; de África noroccidental, desde Marruecos, España, Portugal y las Islas Británicas hasta el norte de Escandinavia y el noreste de la India y el oeste de China (Xinjiang).

Es una planta herbácea cuyo crecimiento de la raíz es profundo, además la raíz principal es delgada y blanca de olor semejante al rábano picante.

En el primer año, las plantas aparecen como una roseta en forma de huevoredondeado (crenados) los primeros brotes de las hojas crecen de cercanas a la tierra, estas rosetas permanecen verdes

durante todo el invierno y en el segundoaño son cordadas y con los bordes dentados agudos, además se desarrollan las nervaduras a modo de red en toda la lámina.

En la primavera siguiente se desarrollan las plantas con flores maduras, éstas en la familia de la mostaza y en general el otro nombre dado al género de las Brassicaceae es el de las Cruciferaceae ó crucíferas por el arreglo que tienen sus pétalos (tetrámeras) en forma de cruz, además poseen seis estambres, de los cuales dos son más cortos que el resto. Las hojas se marchitan pronto después de la floración y al término de ésta, se producen los frutos a modo de vainas largas y delgadas de las cuales liberan las semillas a mediados del verano.

Las hojas picadas se utilizan para dar sabor a las ensaladas y salsas como el pesto y a veces las flores se incluye también, cuando la planta es tierna proporciona un sabor más suave del ajo y la mostaza, sus semillas se utilizan a veces para condimentar los alimentos directamente.

Hierba del ajo ha sido usada como desinfectante, diurética y en algunos casos se ha usado para curar heridas.

Las crucíferas incluyen cultivosen varias regiones de México por su valor económicamente importante debido a que son, alimenticias, ornamentales o que pueden ser malezas perjudiciales.

Martínez en su libro de La Flora del Estado de México (1979) menciona varios géneros de esta familia, en tanto que Espinosa y Sarukhan (1997) en su Manual de Malezas del Estado de México, describen diez géneros de esta familia, Calderón y Rzedowski en 2004 en su Manual de Manual de Malezas de la Región de Salvatierra, Guanajuato mencionan seis géneros pertenecientes a la familia de las Crucíferas ; Suárez y colaboradores incluyen en el Atlas de Malezas arvenses del Estado de Querétaro a cuatro géneros de esta familia; últimamente se han registrado 17 géneros con 25 especies en el Estado de Aguascalientes.

En la **Tabla II** se mencionan algunos ejemplos de crucíferas con los nombres comunes de las especies y sus respectivos géneros

ESPECIE	NOMBRE COMÚN
***1.- Brassica kaber* (D.C.) Wheeler**	**Mostaza**
***2.- Brassica nigra*(L.) Kosch**	**Mostaza**
***3.- Brassica rapa*L.**	**Vaina**
***4.- Eruca sativa* Mill.**	**Mostacilla**
***5.- Halimalobos berlandieri*(Foum.) O.E. Schult**	**Nabo**
***6.- Raphanus raphanistrum* L.**	**Mostaza**
***7.- Rorippa pinnata* (Moc. &Sessé.) Rollins**	**Berro**

Tabla II Nombres comunes de las especies de Brassicaceae o crucíferas.

Otros vegetales apreciados por el uso variado que tienen, es el que pertenece a la familia de las Burseraceae Kunth (1824), las cuales sus características morfológicas generales; son plantas leñosas, presentan hojas compuestas, alternas, inparipinnadas, en algunos casos las hojas y los pequeños tallos tienen abundante aceite de tal manera que al cortar un pequeño tallo o una hoja, la nervadura central de la misma proyecta a la salida del corte un aceite cristalino, el cual es arrojado con una presión lo suficientemente intensa como para poder observar un pequeño chorro.

En las especies que exudan un látex,éste se encuentra en las pequeñas ramillas o incluso en el tronco principal o en las ramas gruesas, es cristalino claro y pegajoso que seca en un polvo blanco, o también este látex puede ser blanquecino de aspecto lechoso.

Las flores de las Burseraceae generalmente son unisexuales, actinomorfas, de trímeras a pentámeras sus frutos son drupáceos o dehiscente.

Actualmente se conocen unas 600 especies intertropicales incluídas en 18 géneros.

Tiene las siguientes tribus:

Aucoumea	Garuga
Beiselia	Haplolobus
Boswellia	Pachylobus
Bursera	Protium
Canarium	Santiria
Commiphora	Scutinanthe
Crepidospermum	Tetragastris
Dacryodes	Trattinnickia
	Triomma

La Garuga es una planta que pertenece al Reino Plantae al Subreino Tracheobionta a la División Magnoliophyta a la Clase Magnoliopsida a la Subclase Rosidae, al Orden Sapindales, a la Familia: Burseraceae, a la Tribu Bursereae y Subtribu Boswelliinae y al Género: Garuga, son arbustos y árboles no muy altos, que seencuentran en la región de Sub-Himalaya hacia el este desde Jammu a Sikkim, Assam, Meghalaya, Arunachal Pradesh y el oeste de la

Península en la India, Myanmar y en el este y sur de Asia hasta las Islas del Pacífico.

Son árboles sin espinas de tamaño moderado a grande ocurre en toda la India y el este y el sudeste de Asia.

El árbol tiene un tronco cilíndrico recto con la corteza de color marrón grisáceo, las hojas son compuestas, enteras, crecen en espiral y caducan, la lámina mide entre15 y 45 cm de largo, con un número impar de foliolos por lo que son imparipinnadas de13 a 21 foliolos de aproximadamente 15cm de largo, de forma lanceolada a ovada-lanceolada, acuminadas, dentado-crenadas y con el raquis entero, no alado, se tornan de color de rojo-anaranjado a rojizo.

Las flores son hermafroditas pequeñas, axilares de hasta 5 mm., con cinco pétalos, cinco sépalos y diez estambres, ramificadas en panículas axilares tomentosas, de color blanquecino, beige, amarillento-verdoso.

El fruto es comestible, tiene forma de una drua pequeña del tamaño de una cereza, de color verde amarillento a negro carnoso, globoso y de 1 a 5 semillas por fruto.

El jugo de las hojas es astringente, es una planta medicinal que al prepararsecon miel es administrada contra la tos, los resfriados y el asma, también se mezcla junto con el jugo de la hoja de *Adhatoda zeylanica* conocida también como *Justicia adhatoda* ó *Adhatoda vasica* y con *Vitex trifolia*. Los frutos son estomacal es y expectorantes, el jugo del tallo se aplica en los ojos para curar las opacidades de la conjuntiva.

La decocción de la raíz se subministra para el tratamiento de las afecciones pulmonares.

Algunas especies del género Garuga, se encuentran enlistadas en la **Tabla III**.

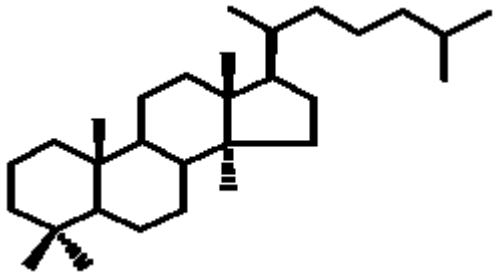
Garuga amorphoides	*Garuga javanica*
Garuga clarkii Merrill	*Garuga kenghar*
Garuga floribunda Decne	*Garuga khamar*
Garuga syn.	*Garuga madagascariensis* DC.
Garuga abilo	*Garuga mollis*
Garuga gamblei	*Garuga pharhad*
Garuga littoralis	*Garuga pierrei*
Garuga pacifica insular	*Garuga pilmata*
Garuga forrestii W.W.Smith	*Garuga pinnata* Roxb.
Garuga gigantea Engl.	*Garuga schomburgkiana* Benth.
*Garuga guianensis*Sagot	*Garuga spruceana* Benth.
	Garuga yunnanensis

Tabla III Especies del Género Garuga

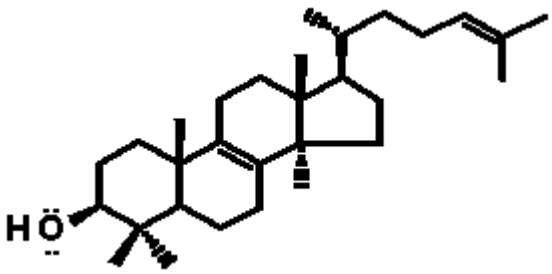
La *Garuga pinnata* Roxb. es una especie distribuida en Indo-Malasia; en la India, se extiende en casi todos los bosques tropicales, en especial en los bosques caducifolios húmedos, a veces se cultiva en los lados de los caminos y carreteras. Es un árbol no muy alto que llega a medir hasta 15 m de altura, los brotes jóvenes son pubescentes, las hojas alternas de 15 a 45 cm de largo, compuestas e imparipinnadas con 5 a 10 pares de folíolos opuestos, subsésiles, hasta 10 cm de largo y de 4 cm de ancho, oblongo-lanceoladas, aserrado-crenadas, acuminadas

oblicua, generalmente tomentosas, las flores se distribuyen en panículas ramificadas, poco pediceladas,amarillo, tomentoso; las brácteas de hoja caduca, el cáliz es campanulado, pentámeras dentado valvadas con la parte exterior tomentosa y de 6 mm de largo, con dientes estrechos ovalados, con cinco pétalos insertados en el hipanto debajo del margen del disco, valvados, tomentosas en el exterior, linear-oblongos, de 8 mm de largo, el disco es crenado, delgado, que recubre el tubo del cáliz. Los filamentos dilatados en la base, ligeramente pubescentes, el ovario es ovoide junto con el estilo son pubescentes, sus frutos van de 1.2 a1.8 cm de diámetro, son generalmente negros y las semillas tienen una cubierta membranosa.

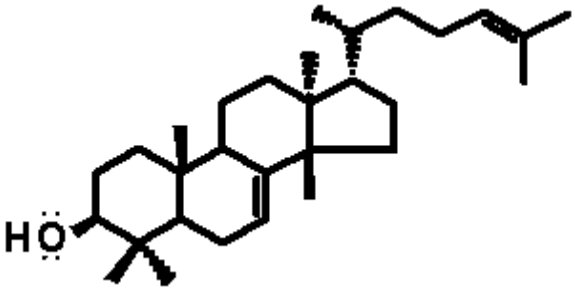
La *Garuga pinnata* Roxb. es utilizada en la medicina tradicional de la India para prevenir la opacidad de la córnea y contra las afecciones pulmonares, de los extractos de baja polaridad de corteza y de las ramas se obtuvieron triterpenoides de esqueleto tetracíclico monoinsaturado consistentes de tres anillos fusionados de seis miembros y un anillo de cinco miembros, con una cadena lateral monoinsaturada característica de los derivados del lanostano **4** , como en el lanosterol **5** cuyas estructuras estereoisoméricas **6** a **11**fueron dilucidadas por métodos espectroscópicos de UV, IR, RMN ^{1}H y RMN ^{13}C y RMN 2D.



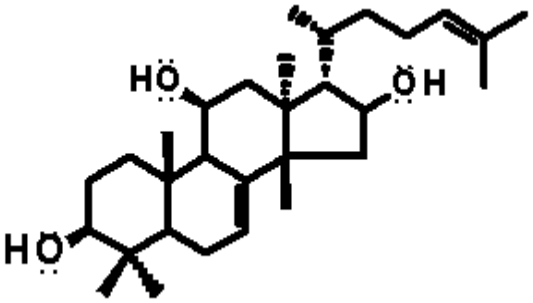
4



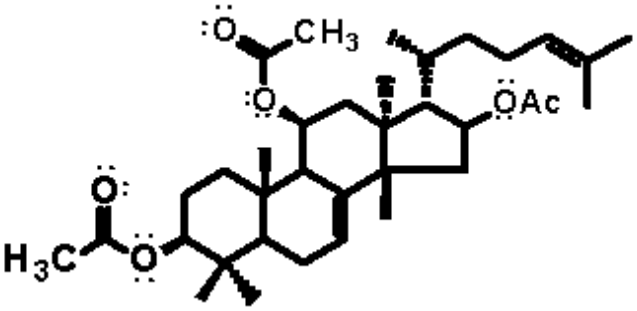
5



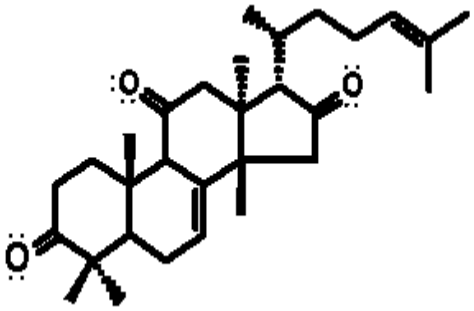
6



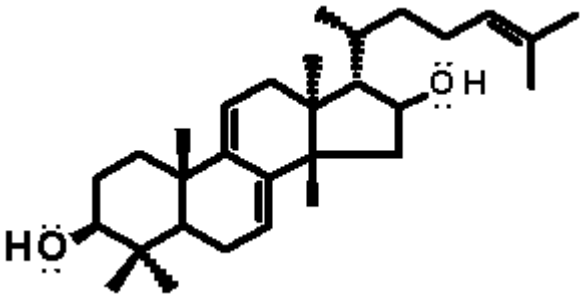
7



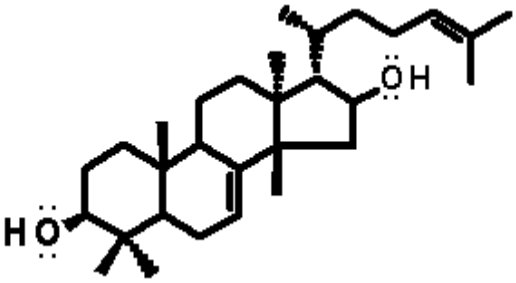
8



9

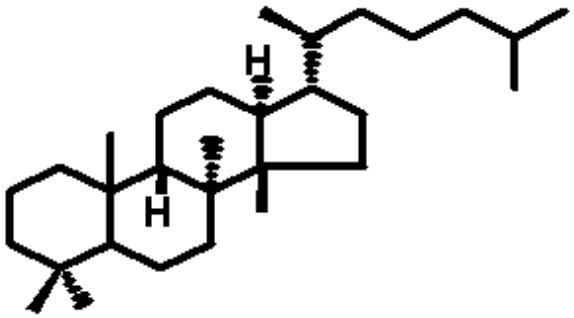


10

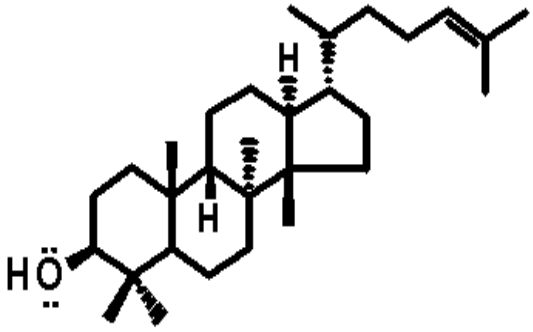


11

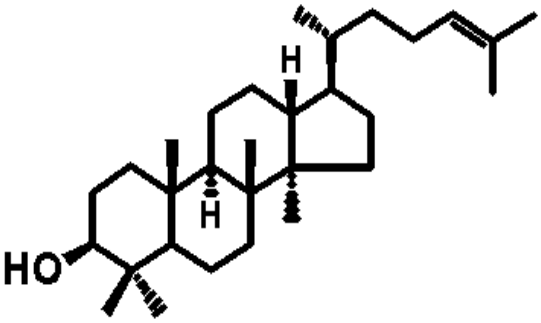
Los esqueletos de los triterpenos tetracíclicos biogenéticamente provienen del óxido de escualeno, el cual mediante ciclaciones concertadas genera esqueletos característicos como el caso de los protostanos **12** derivados del carbocatión protosterilo **13**, generado mediante la ciclación del óxido de escualeno con una conformación silla-bote-silla.



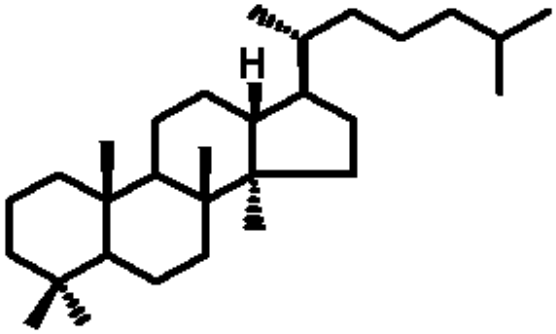
12



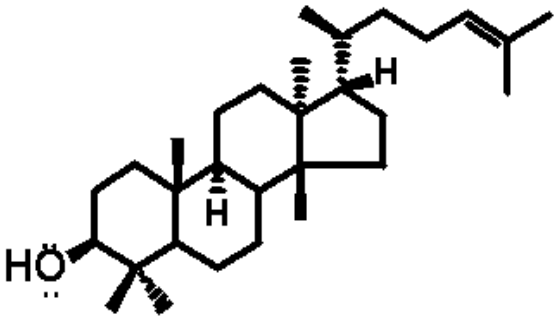
13



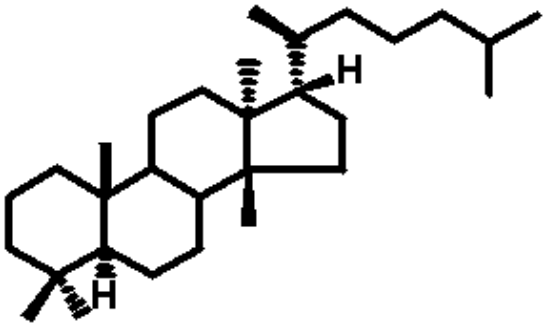
14



15

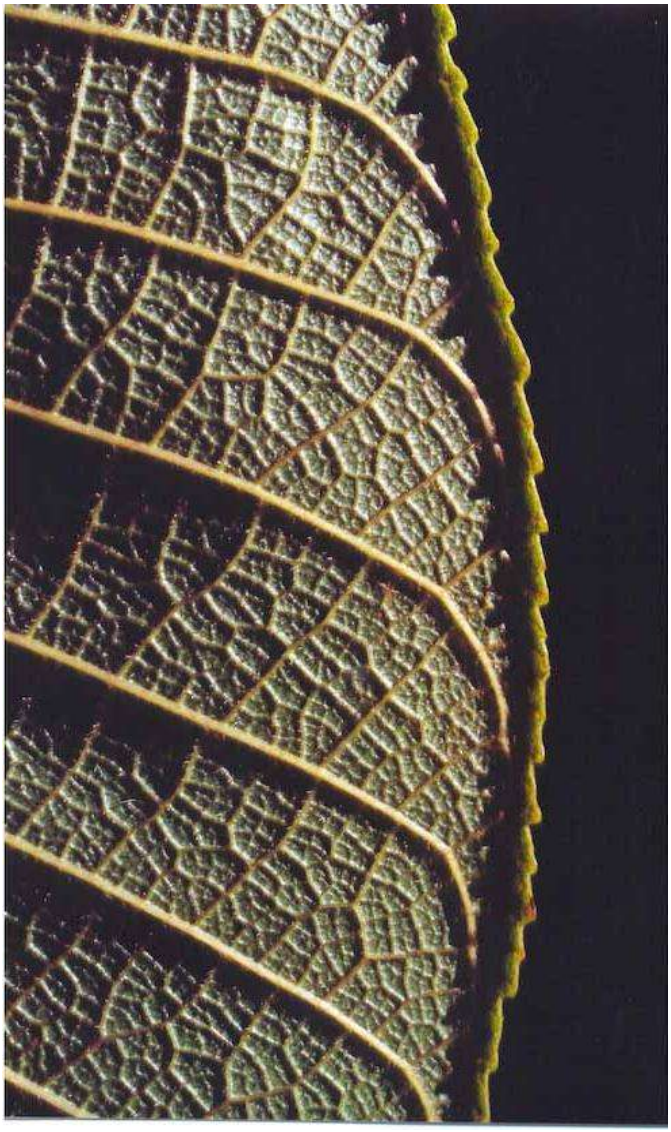


16



17

Otros esqueletos de triterpenos tetracíclicos biogenéticamente provenientes del óxido de escualeno y también generados mediante ciclaciones concertadas vía una conformación silla-silla-silla forma el catión dammaranilo **14** el cual genera a los triterpenos con esqueleto del dammarano **15** que a su vez es estereoisómero del esqueleto del protostano **12**,además el catión dammaranilo **14** es el precursor del catión tirucalanilo **16** el cual genera el esqueleto triterpénico del tirucalano **17** proveniente también de la ciclación del óxido de escualeno en una conformación silla-silla-silla.



Esqueletos terpenoides se han obtenido de la familia de las Burseraceae, en algunos casos se han aislado de las hojas, ya que en estas es común, al igual que en las Rutaceae, que al estar provistas de glándulas, en ellas se encuentran canales de oleo-resina en el líber y a veces en la médula que es la fuente donde se encuentran estos triterpenos. Además se ha reportado que en otros géneros ocurre lo mismo, por citar algunos como el de Commiphora que cuenta aproximadamente con 185 especies, el de la Boswellia con 24 especies, Bursera con alrededor de un centenar de especies y Canarium con 75 especies.

El producto más conocido de la familia es la mirra, otros productos son el incienso (Boswellia, spp.), el elemi americano (*Bursera grummifer*) usada en la medicina ayurvédica por milenios, elemi de Manila y la almendra de Java del *Canarium luzonicum*.

La *Boswellia Serrata* es una planta arborea leñosa conocido comúnmente como incienso, el cual en la India lo llaman Salai, este árbol se encuentra distribuído ampliamente en las zonas secas y áridas de India, como en Rajasthan, Madhya y Pradesh y también en África, su aroma es considerado de menor calidad al compararse con las especies de *Boswellia sacra* ó *Boswelliafrereana*.

La *Boswellia Sacra* es una especie conocida también como incienso la cual se encuentra en peligro de extinguirse dado que en muchos lugares la utilizan como recurso maderable combustible de calefacción, su exudado se presenta como una resina de textura gomosa, muy usada también en el Antiguo Egipto así como en Grecia y Roma para curar diversas

enfermedades, entre las que se incluyen bronquitis, trastornos intestinales e infecciones.

Se han estudiado los extractos de resina del árbol de *Boswellia serrata* los cuales poseen efectos anti-inflamatorios, en estudios con animales de laboratorio sugieren una posible eficacia para afecciones inflamatorias tales como enfermedades de los intestinos, artritis reumatoide y osteoartritis.

Investigaciones recientes efectuadas en destacadas universidades europeas, han logrado sorprendentes resultados utilizando extractos de *Boswellia serrata*. Se ha comprobado que los ácidos boswéllicos presentes en este extracto inhiben la producción de leucotrienos, sustancias químicas responsables de provocar la inflamación de los tejidos y su consecuente daño. Boswellia serrata ha probado ser útil en el tratamiento de:

* Reumatismo crónico
* Artritis/ inflamaciones
* Colitis ulcerosa y enfermedad de Crohn (tuberculosis intestinal)
* Asma bronquial/ problemas respiratorios
* Trastornos hepatobiliares
* Alergias
* 5 lipoxigenasa (generadora de leucotrienos inflamatorios) y
* Elastasa leucocítica humana (HLE)

Las propiedades antiinflamatorias de la resina gomosa son atribuidas a la presencia de ácidos boswéllicos, los cuales han demostrado inhibir dos enzimas pro-inflamatorias.

HLE es una proteasa sérica que da inicio al daño de los tejidos, que a su vez dispara el proceso inflamatorio. Esta acción dual frente al proceso inflamatorio es exclusiva de los ácidos boswéllicos, tornando al extracto de boswellia en un producto indispensable para prevenir el daño crónico de los tejidos.

Los médicos creen que los ácidos boswéllicos tienen además mucho menos efectos secundarios que los tratamientos antiinflamatorios como diclofenaco o indometacina, que aportan un gran riesgo de úlceras de estómago y pueden afectar negativamente a la función renal.

Considerando en general que las Burseraceae, tienen 21 géneros y cerca de 600 especies, Engler en 1931 clasificó a estos géneros en tres Tribus, Protieae, consistente en cuatro géneros los

cuales presentan muchas características morfológicas primitivas; tres de ellos ocurren en América Tropical y otro en Asia.

La Tribu Canarieae es representada por nueve géneros, su morfología presenta características más avanzadas, es una Tribu predominantemente Paleotropical y dos de sus géneros se encuentran en América del Sur, finalmente la Tribu Boswellieae que contiene ocho géneros centrados en Africa y Asia, Lam en 1932 reconoció a esta Tribus únicamente sustituyó el nombre Boswellieae por Burseraceae.

Crepidospermum es un género perteneciente a la Tribu Protieae fue descrito por primera vez por J.D. Hooker en 1862 en Bentham and Hooker's *Genera Plantarum,* inicialmente le fueron atribuídas siete especies de plantas de las cuales cinco de ellas se encuentran en la zona tropical de América del Sur.

Crepidospermum cuneifolium Cuatrecasas.
Crepidospermum goudotianum (Tul.) Triana & Planchon
Crepidospermum guyanense
Crepidospermummultijugum Swart.
Crepidospermum prancei
Crepidospermum rhofolium(Benth.)
*Crepidospermum sprucei*Hook. f.

Swart en 1942 en base a características morfológicas describió al género Hemicrepidospermum para acomadar al *Crepidospermum rhofolium* (Benth.), sin embargo otros aspectos de su morfología condujeron a Daly en 1989 a considerar a Hemicrepidospermum como una Sección de Crepidospermum por lo que las dos Secciones tienen tres y dos especies respectivamente.

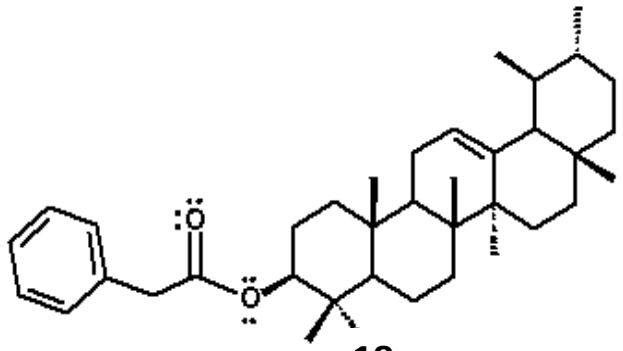
La Sección Tropical Americana contiene los géneros Protieae, Tetragastris y Protium, los cuales se han considerado íntimamente relacionados y de hecho muchos ejemplares de cada género se han referido por error unos con otros.

Garuga es el único representante de Protieae asiático cuya morfología es fácilmente reconocible.

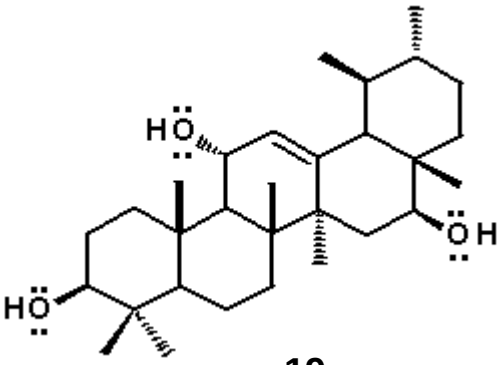
Trattinnickia era también un miembro de la Tribu Protieae, sin embargo, su evidencia morfológica y anatómica han llevado Daly (1989) a transferirlo a la Tribu Canarieae, con el propósito de posicionarlo taxonómicamente cercano al género Dacryodes.

Estudios recientes (2004) de la investigación fitoquímica de *Tetragastris altissima* (Aublet) Swart. de nombre común en Brazil Amesclao, Azucarito blanco, en Colombia,Trementino azucarero, en Ecuador Copal, en la Guiana Francesa Encens Rouge o Incienso rojo y también de la resina, corteza, tallo y ramas de *Trattinnickia burserifolia* Engl., *Trattinnickia rhoifolia* var. willdenowii Engl. y*Dacryodes hopkinsii* Daly.

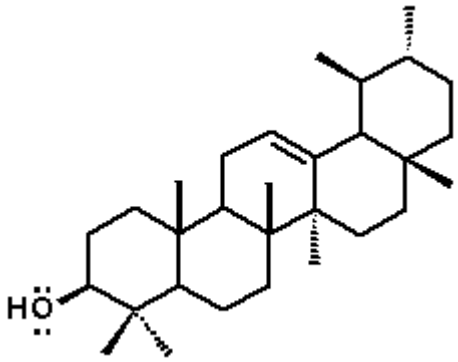
De *T.* Engl.se reportó el aislamiento y caracterización de estructuras triterpénicas de esqueleto de ursano **18-26**, oleanano **27-30**, así como estructuras monoterpénicas derivadas del esqueleto del *p*-mentano **31-33**.



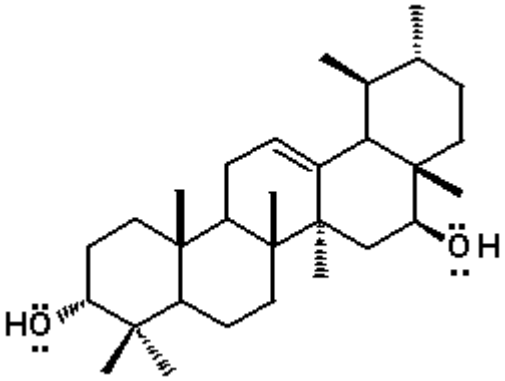
18



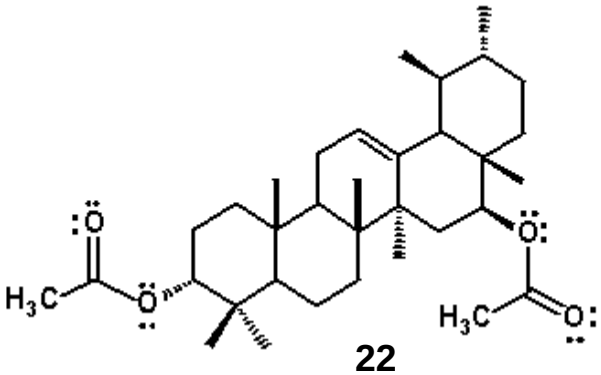
19



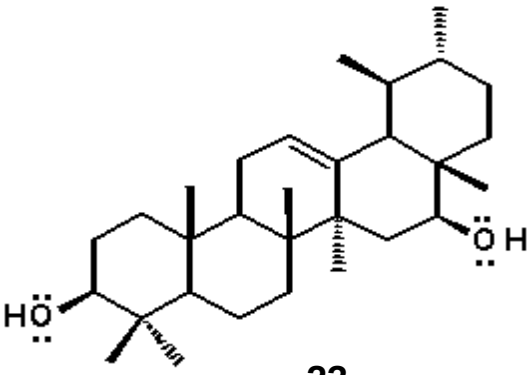
20



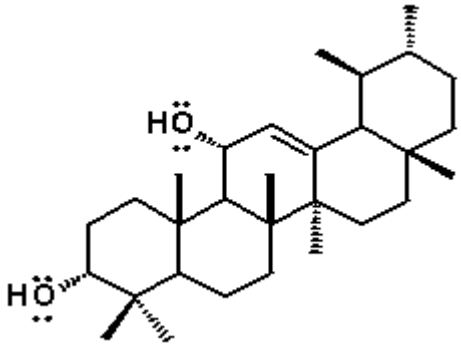
21



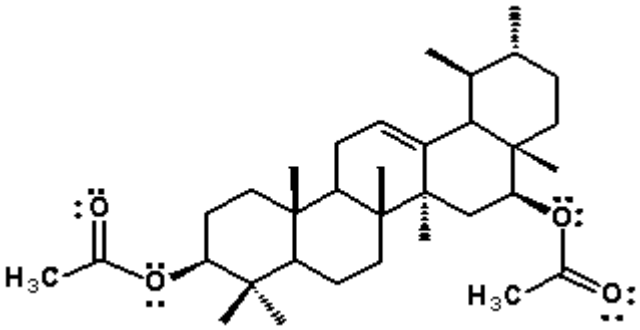
22



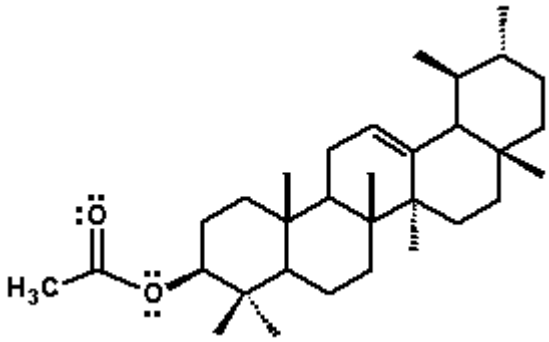
23



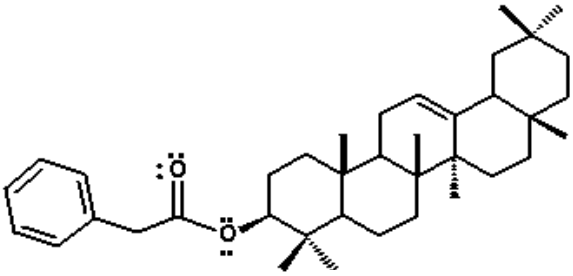
24



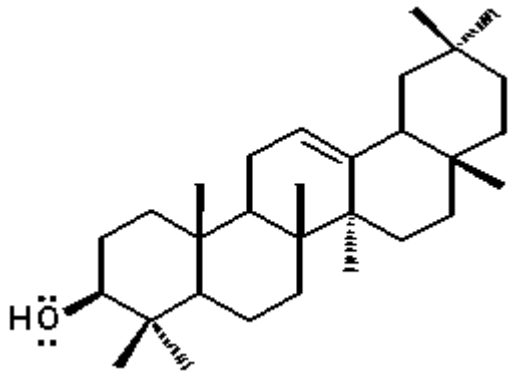
25



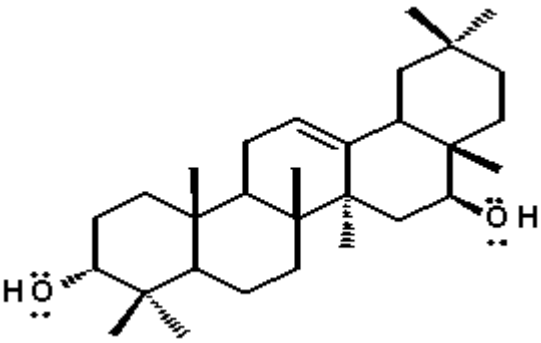
26



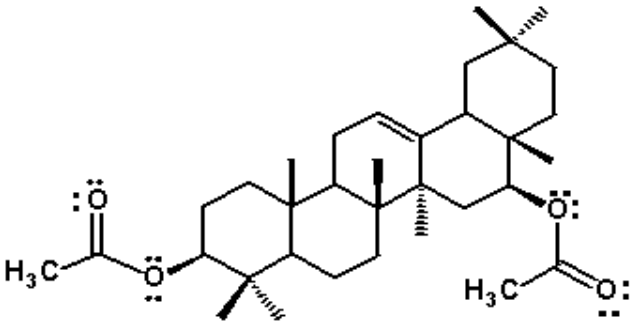
27



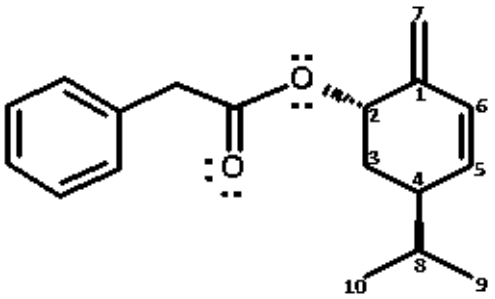
28



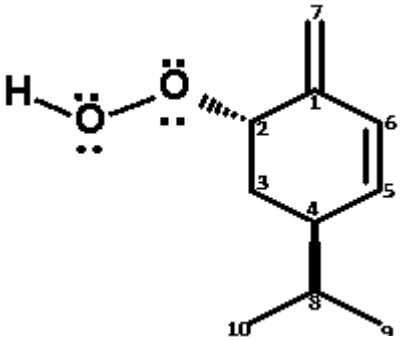
29



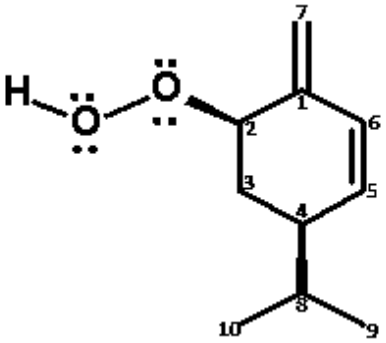
30



31

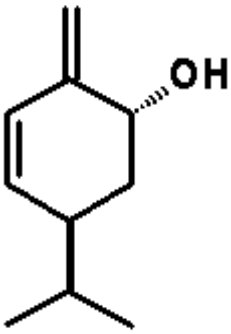


32



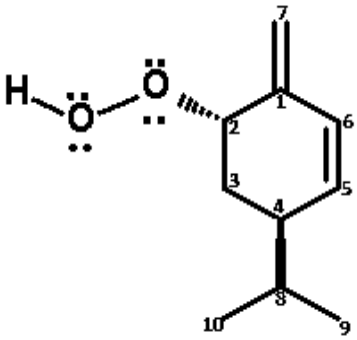
33

Se encuentran reportados en la literatura los deslazamientos químicos de RMN de ^{13}C de (-)-2*S*,4*R*-1(7),5, *p*-mentadien-2-ol **34** ylos del hidroperóxido del 2*S*,4*R*-*p*-menta-1(7),5-dien-2-ilo **32** los cuales fueron muy similares para la mayor parte de los carbonos, a excepción de algunas diferencias respecto a los carbonos cercanos al grupo hidroperóxido y al carbono base del grupo hidroperóxido en **32.**



34

C-1	**145.3**
C-2	**69.3**
C-3	**29.6**
C-4	**37.3**
C-5	**134.0**
C-6	**126.6**
C-7	**113.0**
C-8	**31.4**
C-9	**19.6**
C-10	**19.6**

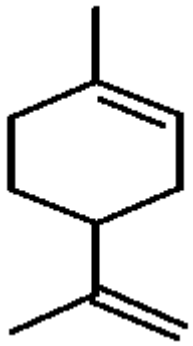


32

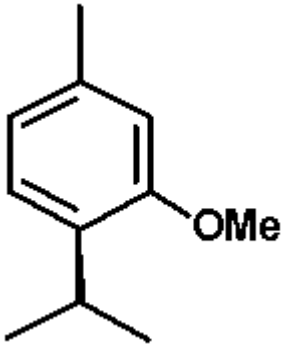
C-1
139.4¡Error! Marcador no definido.

C-2	**82.6**
C-3	**29.0**
C-4	**36.9**
C-5	**134.1**
C-6	**126.7**
C-7	**116.7**
C-8	**31.4**
C-9	**19.2**
C-10	**19.2**

El monoterpeno **34** fue aislado y caracterizado, como el (-)-2*S*,4*R*-1(7),5-*p*-mentadien-2-ol, de las fracciones de baja polaridad con mezclas de hexano-cloruro de metileno de la cromatografía del extracto hexánico de los tallos de*Bursera multifolia,*[93] junto con otros aceites de olor característico **35** y **36.**



35



36

C-1	**136.2s**
C-2	**111.3d**
C-3	**156.6s**
C-4	**134.0s**
C-5	**125.7d**
C-6	**121.0d**
C-7	**21.4q**
C-8	**26.4d**
C-9	**22.8q**
C-10	**22.8q**
OMe	**55.3q**

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Bursera es el nombre genérico de plantas arbóreas o arbustivas, dado en honor al botánico alemán pre-linneano Joachim Burser (1583-1649) y el nombre de copal viene del nahuatlismo de copalli, que significa resina o incienso, de aquí es el nombre que reciben varias resinas aromáticas vegetales, siendo la más común y conocida las provenientes de los árboles de la familia Burseraceae, como las *Bursera aloexylon, Bursera graveolens, B. jorullensis* y *Protium copal*.

El copal es un elemento muy importante en la tradición médica yreligiosa de Mesoamérica desde la época prehispánica, ya el humo que desprende al quemarse era usado por las civilizaciones de esta zona como ofrenda a las deidades y como terapia para diferentes males físicos y espirituales. Aún en la actualidad dichos usos son comunes dentro de la medicina tradicional indígena.

En la actualidad, la técnica para extraer la resina varía según el producto que se desee obtener. Por ejemplo, el llamado copal de piedra o goma se recolecta de la corteza del árbol, en cambio, el copal blanco o santo se extrae de forma muy similar a como se hace con el hule y el chicle, mediante cortes diagonales a lo largo del tronco o rama del árbol, de tal manera que caiga, y se recolecta generalmente en una penca de maguey colocada bajo la última incisión.

Los antiguos mayas utilizaban el copal en sus ceremonias religiosas, el cual obtenían del árbol *Protium copal*, también conocido como *Elaphrium copal*.

Se utiliza supuestamente para limpiar y purificar las energías de un lugar y de las personas que lo utilizan. Para diluir la resina generalmente se usa la esencia de trementina (destilación del bálsamo de pino), nuez o adormidera.

El copal es la resina aromática proveniente de diferentes árboles endémicos de México y de algunas otras partes de América. Bursera es el género al que pertenecen estos árboles, los cuales son plantas fanerógamas con cerca de 100 variedades. Las más utilizadas son las siguientes:

* *Bursera bipinnata.*[94]	Copal blanco.
* *Bursera citronella.*	Almáciga.
* *Bursera copallifera*.	Copal santo.
* *Bursera coyucensis.*	Copal.
* *Bursera glabrifolia*.	Copalillo.

Se mencionó que el término copal proviene del náhuatl copalli, que significa “que huele”. En México este término se utiliza para las diferentes resinas que producen diversas plantas como el ocote, el liquidambar y el copal pom de los mayas (*Protium copal*).

Sin embargo, la principal resina utilizada como copal se obtiene de árboles o arbustos llamados comúnmente copales y que era usada como desinfectante y antiinflamatoria, éstos han sido clasificados por los botánicos dentro de la familia Burseraceae. Los copales son árboles típicos de las selvas bajas caducifolias, como las que se presentan en Tierra Caliente en Michoacán y a todo lo largo de la costa de Jalisco. En México existen más de 100 especies diferentes del género Bursera, siendo los estados con mayor diversidad de especies Guerrero, Oaxaca y Michoacán. El copal recibe diferentes nombres según laespecie y la región a veces se le llama copal virgen, copal santo, tecomaca, entre otros.

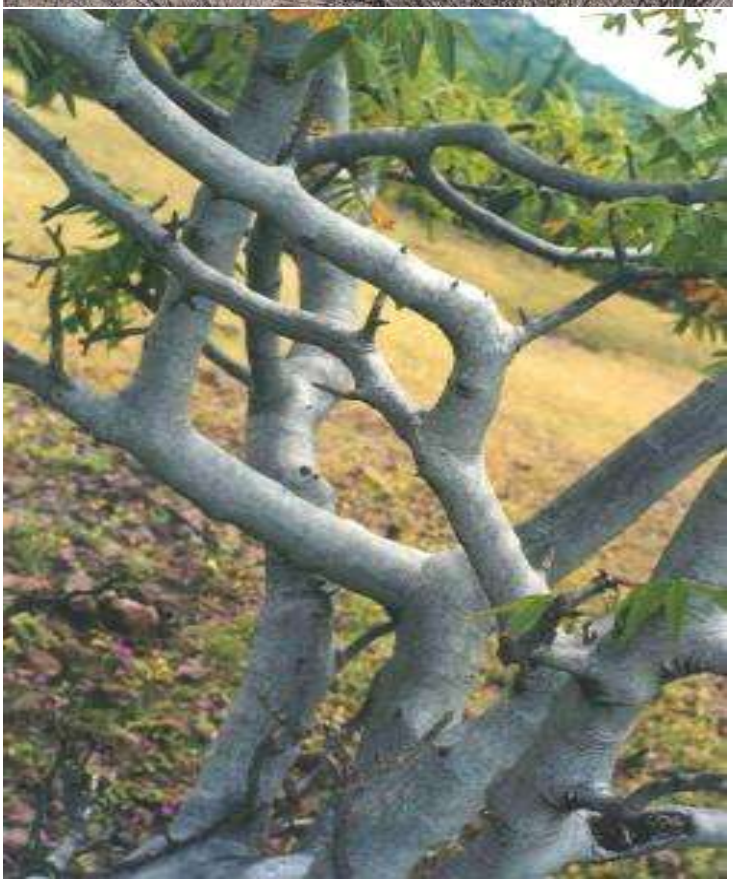
El método sistemático de la ciencia de la biología, lo llevan a cabo los biólogos cuando agrupan y categorizan las especies de organismos ya

seanespecies extintas o especies vivas en sus diferentes conjuntos o taxones en lo que denominan Clasificación Científica.

Así al considerar las ocho categorías taxonómicas principales existentes: Dominio, Reino, Phylum, Clase, Orden, Familia, Género y Especie, para nombrar cualquier taxón, luego deberá ser seguido de la «autoridad» (o autoridades) del nombre, esto es, el nombre del autor que por primera vez publicó una descripción válida de él, considerandolos de manera abreviada generalmente y tomando en cuenta que en botánica existe una regulada lista de abreviaturas estandar.

La clasificación de la planta que se estudió en la presente tesis tomando en cuenta las categorías taxonómicas mencionadas; pertenece al Reino Plantae; Phylum Magnoliophyta; a la clase Magnoliopsida ; al Orden Sapindales; a la familia de las Burseraceae; al género *Bursera* y la especie *sarukhanii* y como su corteza no defolia pertenece a la Sección Bullockia, la Autoridad que validó su descripción fue el Biólogo Fernando Guevara Fefer y Dr. Jerzy Rzedowskii Rotter doctorado en Botánica en la Universidad Nacional Autónoma de México.

La *Bursera sarukhanii* Guevara & Rzedowskii es una de las especies que parece restringir su distribución en la Región del Infiernillo y sus alrededores,forma parte de la Reserva de la Biosfera Zicuirán Infiernillo, (RBZI), la cual es un área protegida de México creada por decreto del Poder Ejecutivo Federal el 30 de noviembre de 2007. Se encuentra ubicada en los municipios de Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío, a 103 km al suroeste de la ciudad de Morelia, capital de Michoacán de Ocampo, México,su extensión es de poco más de 265,117 ha, reservorio para el funcionamiento de la central hidroeléctrica Infiernillo, una de las más importantes de México.



Se encuentra ubicada en la parte baja de la cuenca del Río Balsas y es el Área Natural Protegida más grande del país que preserva uno de los ecosistemas más frágiles y de mayor riesgo, como son las selvas secas.

Esta zona es proveedora de bienes y servicios ambientales tales como la captación de agua, la retención del suelo, la regulación climática, la reducción de carbono en la atmósfera, servicios hidrológicos

necesarios para la generación de energía eléctrica de una gran parte del centro del pais y sin lugar sitio importante ya que concentra gran diversidad de especies y endemismos.

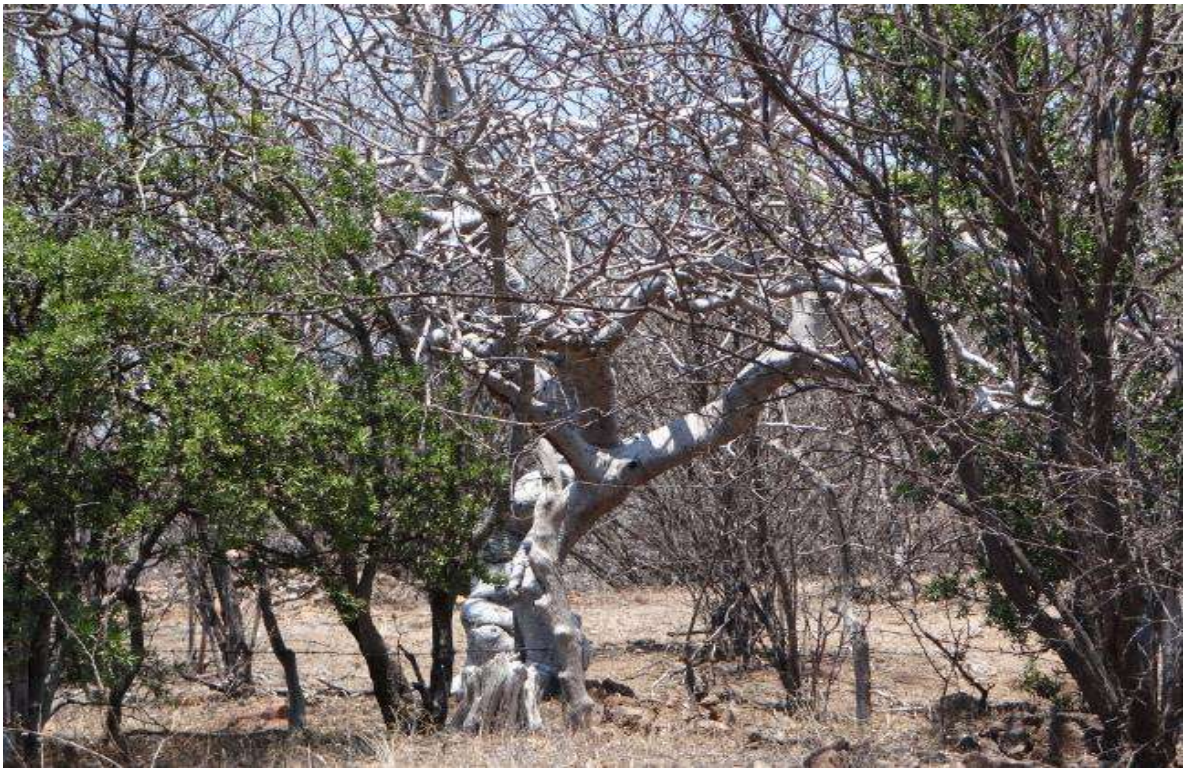
Estudios previos elaborados por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y el Instituto de Ecología A.C. para el establecimiento de áreas protegidas reportaron que del 2008 al 2012 trabajos de investigación científica en el área, lo cual ha permitido actualizar los inventarios y contar con un registro de alrededor de 1,300 especies de flora y fauna en la Reserva. La vegetación con mayor presencia en la región es la selva baja caducifolia y subcaducifolia, con poco o ningún grado de perturbación, superficie que sumada cubre cerca del 75% del territorio de Zicuirán-Infiernillo.

Debido a la extensión del área, este porcentaje la convierte el área en la más extensa de todo el país en la protección de este tipo de vegetación.

Otras asociaciones vegetales presentes son el bosque espinoso, bosque de encino, palmar y bosque galería.

En conjunto existen aproximadamente 756 especies vegetales, en los que actualmente los datos disponible de la flora en la Reserva registran un alto grado de endemismos, en donde más de un 8% de las especies presentes son endémicas y aproximadamente un 7% se encuentran en alguna categoría de riesgo, la cifra es aún muy preliminar, ya que existen pocos estudios.Con relación a las plantas vasculares se encuentran registradas 19 especies y el municipio con mayor número de endemismos es La Huacana con 17 especies, seguido por Arteaga y Churumuco con 5 especies, así mismo secuenta con diez especies consideradas en algúna categoria de riego comoesel caso de: *Astronium graveolens*, culebro, *Tabebui palmeri*, la amapa *Liocania arboreSidexylom capiri*, entre otras de las que se mencionan como especies amenazadas.

También algunas de las especies de relevancia en la región son el cuachalalate *Amphipterygium adstringens*, validado recientemente como protector contra la gastritis; la panicua *Cochlospermum vitifolium*, conocida también como rosa amarilla y usada con frecuencia contra la ictericia, el ciruelo *Spondiaspurpurea* L., árbol frutal originario de Mesoamérica extendido desde México hasta Brasil y Perú; la pitaya *Backebergia militaris*, cactácea columnar y cuyos frutos son comestibles y en sí la planta es usada como forraje, la *Jatropha stephanii*, es una de las

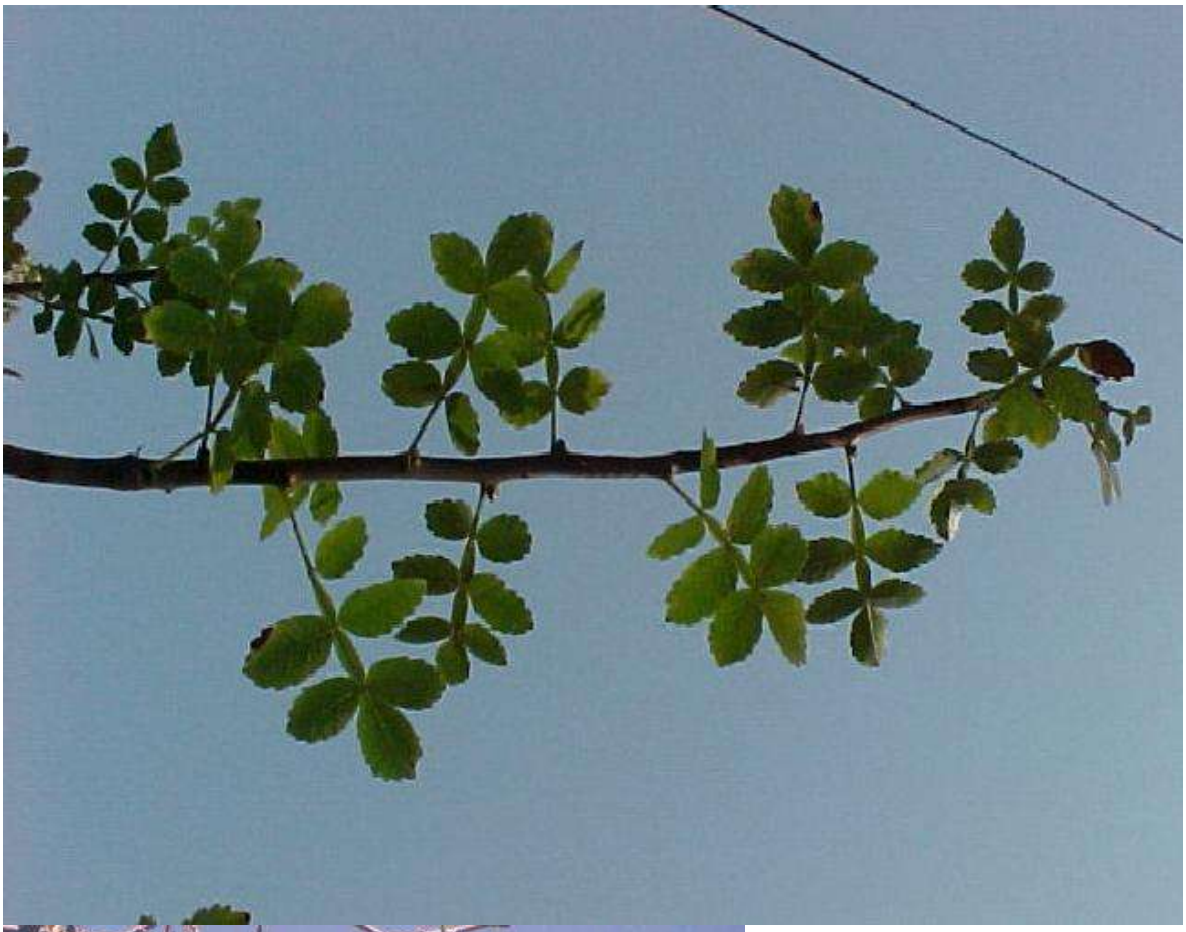


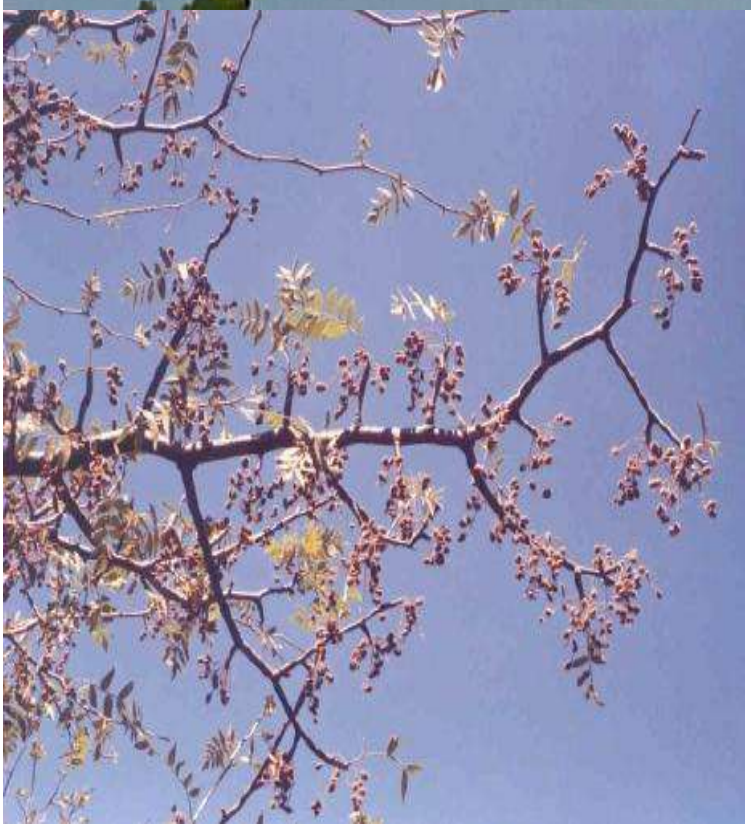
ocho especies registradas en Michoacán, la *Bursera infernidialis* , la *Bursera crenata*, la *Bursera paradoxa,* la *Bursera coyucensis* entre otras junto con la *Bursera sarukhanii*, existen dos especies estrechamente relacionadas con ella la *Bursera véjar-vazquezii* [95]y la *Bursera hintonii.*

La *Bursera sarukhanii* es considerada endémica de la región limítrofe entre los Estados de Michoacán y Guerrero, se han colectado, examinado y clasificado ejemplares que provenienen de los Municipios de Zirándaro, así como también en la parte entre los poblados del Ciriancito y Los Olivos en Michoacán geográficamente ubicados entre los 18° 45’ 90’’ N y los 102° 01’ y 47’’ O y con una elevación entre los 190 y los 350 m.s.n.m.

La distribución de la *Bursera sarukhanii*parece no rebasar los límites de la Cuenca del Río Balsas y la mayor parte donde se han llevado a cabo las colectas son las altitudes entre los 300 y los 900 msnm., aunque con más frecuencia se le ha encontrado alrededor de los 400 msnm.

La *Bursera sarukhanii* es un árbol o arbusto caducifolio que mide entre 4 y 6 mde altura, su corteza es lisa, no exfoliante de color claro plomizo característico, prospera como se mencionó antes en altitudes que van desde los 150 m hasta los 800 m.s.n.m.





Considerando que en el **tallo** también se dan modificaciones secundarias, la zona de crecimiento en el ápice, el meristemo, que está protegido poruna serie de hojitas llamadas **catáfilos**.

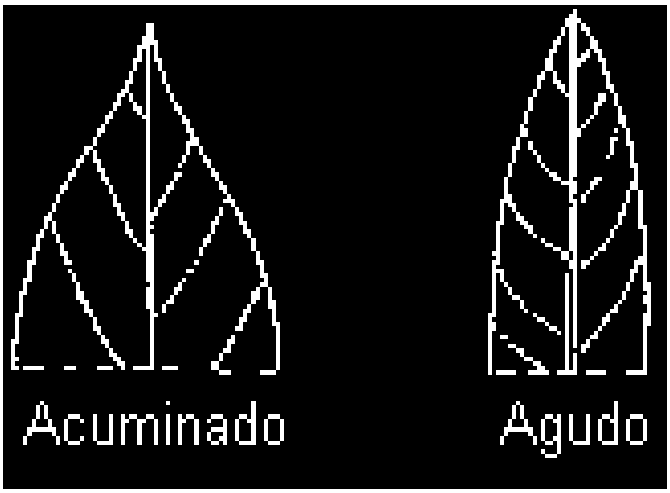
Los catáfilos cubren el meristemo constituyendo las yemas caulinares, las que a determinadas alturas se dan zonas de producción de yemas axilares y las zonas

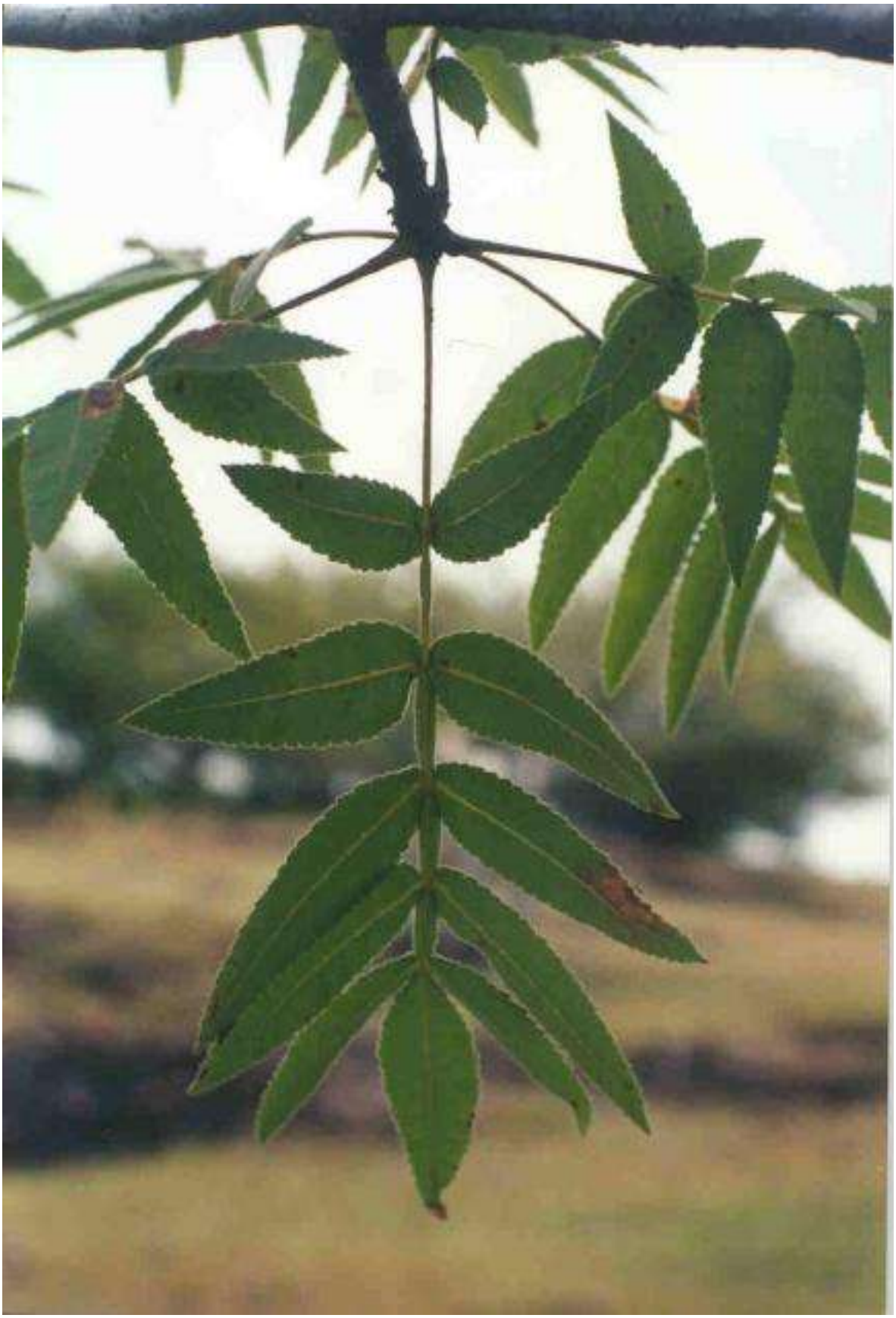
donde se producen se llaman nudos, llamándose entrenudos a la separación que existe entre los mismos.

Todas las ramificaciones surgen a partir de las yemas. Unas veces darán lugar a ramas, otras a hojas y otras a flores, en el caso de la *Bursera sarukhanii*, los catafilos son ovado-triangulares, que pueden ir desde 2 hasta 20 cm de largo. Generalmente en los nudos suele haber, además de la yema, una hoja que nace siempre de los nudos del tallo, el ángulo que se observa entre el tallo y la hoja se llama axila

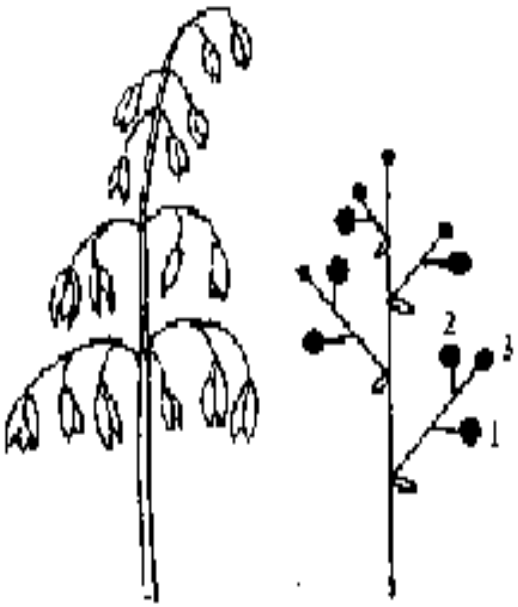
Los catafilos son hojas que ramificadas y en sus axilas tienen a su vez yemas axilares, en la yema apical yaexisten los nudos y los entrenudos futuros con las yemas axilares que se van estirando y en el ciclo siguiente vuelven a brotar las hojas.

Las hojas de la*Bursera sarukhanii*se distribuyen de manera opuesta y son sésiles, largamente lanceoladas, de 15 a 20 cm de largo y de 9 a 18 cm de ancho, con 3 a 6 pares de foliolos, el margen, no es entero, es dentado, con 10-20 dientes que pueden ser simples o dobles por lado, él ápice es agudo o cortamente acuminado, estos foliolos son tomentosos o ligeramente pubescentes por ambas caras, cada foliolo mide de 5.5-9.5 cm de largo y 1.2-2.5 cm de ancho, el raquis es ligeramente alado.





Las inflorescencias son paniculadas de 2.5-9 cm de largo, densamente amarillo-piloso-glandulares , las flores son tetrámeras, los sépalos son ovado-triangulares, libres, agudos de 1.5-2 mm de largo y de 0.8-1 mm de ancho, pilosos, pétalos oblanceolados de 4.5-5 mm de largo y 2 mm de ancho , vino-rosados o púrpura.



Los frutos son drupas bivalvadas escencialmente glabros, obovoidesde 8-10 mmde largo y 5-6 mm de ancho, los pedicelos son de 3-5 mm de mm de largo.

Los tallos fueron colectados en los meses de marzo-abril del 2012, cuando la planta se encuentra totalmente sin hojas y fueron cortados en pequeños canutos.

Los canutos se sometieron a una maceración hexánica y se obtuvieron tres extractos hexánicos. Se tomó una alícuota del primer extracto hexánico al cual se le analizó espectroscópicamente obteniendo su espectro de RMN de ^{1}H el cual se muestra en la **Figura 1**, también se representa el espectro de RMN de ^{1}H de una alícuota del extracto hexánico de un lote colectado en una distinta localidad cercana.

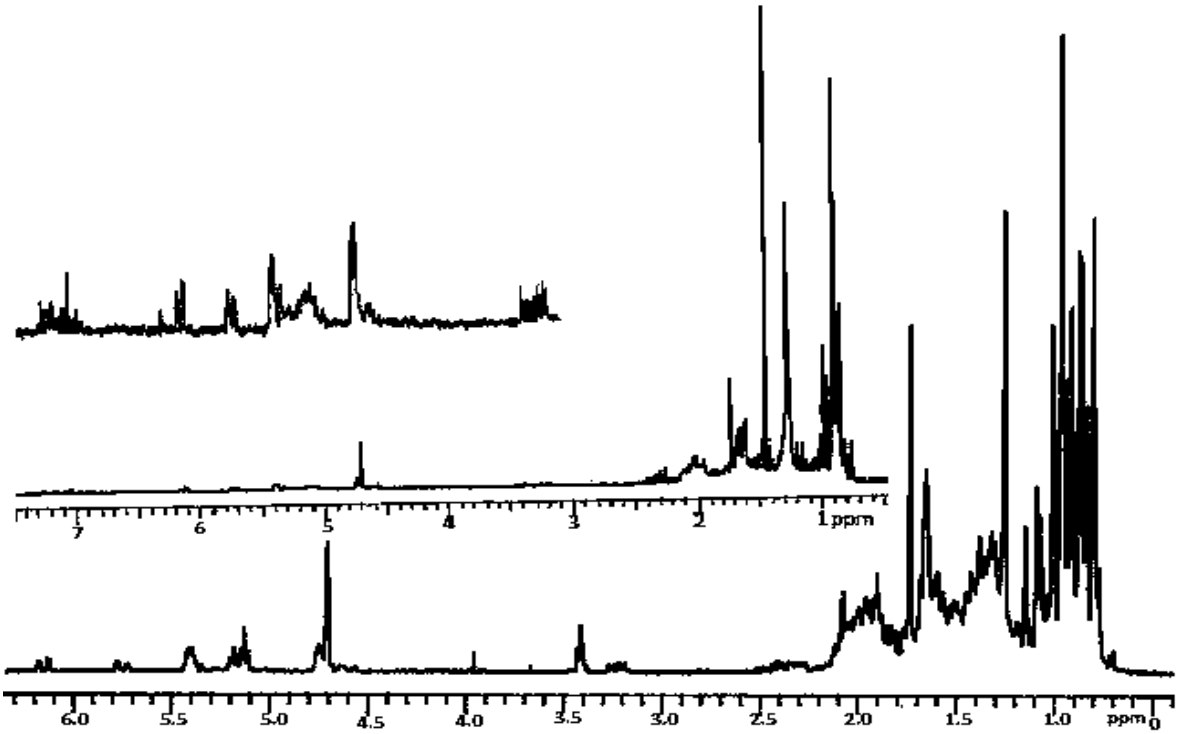
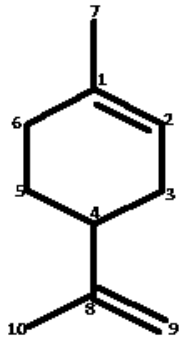


Figura 1.- Espectros de RMN de ^{1}H en $CDCl_3$de los extractos hexánicos de tallos de la *Bursera sarukhanii* colectados en dos localidades distintas.

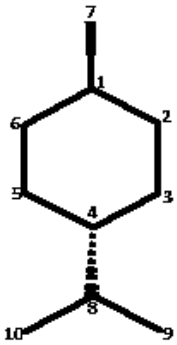
El proceso cromatográfico de 10 ml del concentrado hexánico sometidos en columna abierta mixta empacada con gel de sílice y una poca de alúmina usada como fase estacionaria, fue aplicado el método de elución de polaridad ascendente, iniciando la elución con hexano en volúmenes de 125 mL. c/u; los diez primeros eluatos colectados fueron eluídos sin variar la polaridad inicial, se les concentró en un rotavapor hasta un volumen menor de 12 mL. los cuales posteriormente se trasvasaron a un vial, de éste se evaporó casi a sequedad y las fracciones de la F2 a la F7 revelaron contener muy

poca cantidad de un líquido cristalino ligeramente amarillento y oleoso que mediante su análisis espectroscópico correspondiente de RMN^{1}H, mostraron resultados que fueron comparados con espectros de monoterpenos puros obtenidos previamente[96-100] y así se reveló ser una mezcla de dos monoterpenos con el esqueleto del *p*-mentano **37** correspondientes al limoneno **35**mezclado con cantidades variables de monoterpeno **38,** los cuales ambos fueron



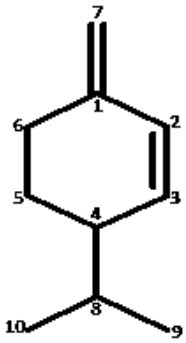
35

LIMONENO



36

p-MENTANO



38

CICLOALCADIENO

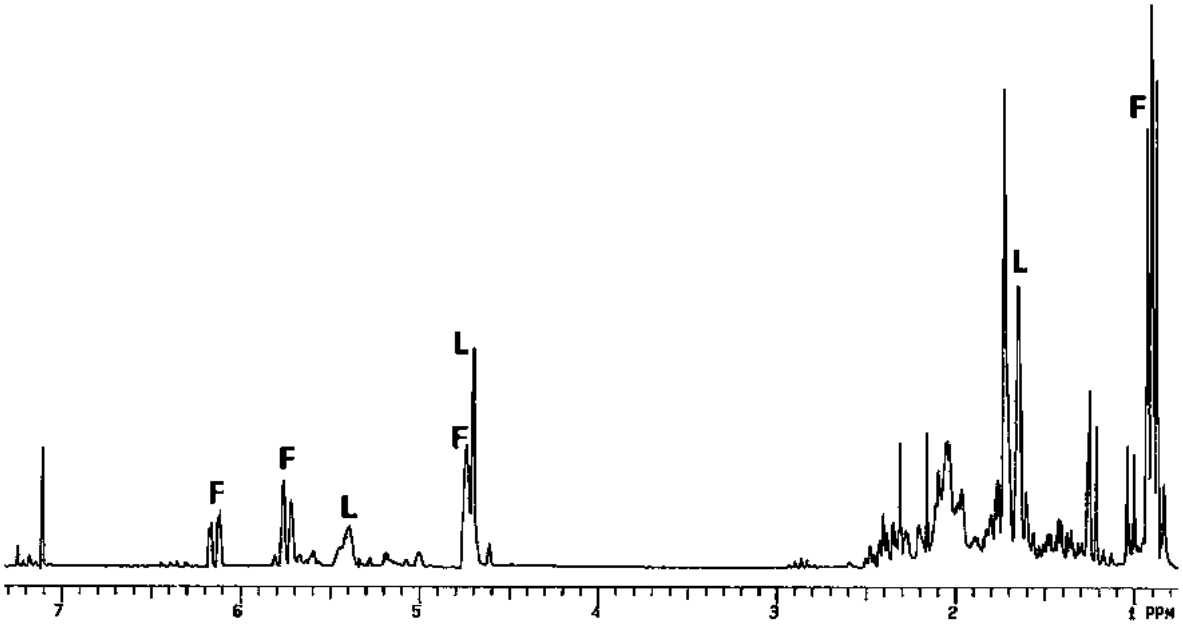


Figura 2.- Espectro de RMN de ^{1}H en $CDCl_3$ de la fracción F-5 de la Cromatografía en columna del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera sarukhanii*.

caracterizados y que se muestran en la **Figura 2**, en ella se muestra el respectivo espectro de RMN de ^{1}H de la fracción F-5 , el cual revela la presencia de los dos monoterpenos monocíclicos,(**F** y **L**) en el que se obtuvo mayormente un cicloalcadieno **38**. En la **Figura 3** se muestra el espectro de RMN de ^{1}H del monoterpeno **38**, las señales más significativas mostradas son en la región entre 0.8 y 1.0 ppm.

Aparecieron dos señales dobles altas ligeramente traslapadas que integraron para seis hidrógenos correspondientes a los dos metilos secundarios de un grupo isopropilo; en 4.7 ppm apareció una señal múltiple ancha, correspondiente probablemente a los protones vinílicos de un metileno exocíclico, esta señal integró para dos protones y en 5.7 ppm y 6.1 ppm aparecieron dos señales dobles anchas que integraron para un protón cada una, correspondientes a dos protones vinílicos vecinos, el resto de las señales se reveló en la región a campo alto entre 1.2 y 2.4 ppm como señales traslapadas correspondientes a los protones metilénicos y metínicos del resto de la estructura monoterpénica.

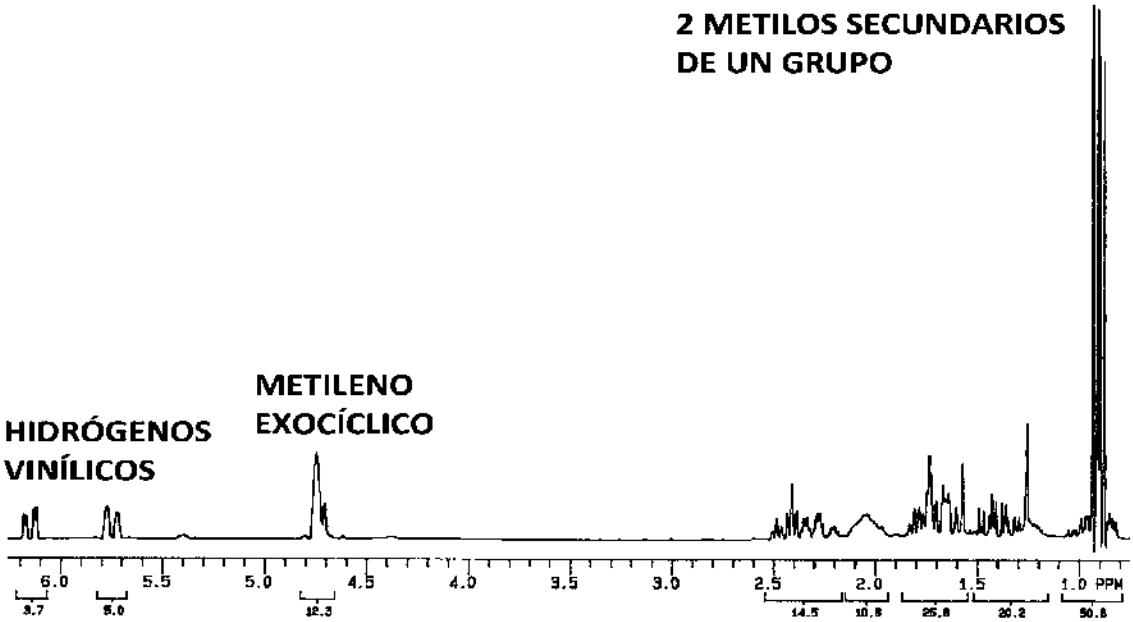


Figura 3.- Espectro de RMN de ^{1}H en $CDCl_3$del monoterpeno monocíclico cicloalcadieno38.

El espectro de RMN de ^{13}C del cicloalcadieno **38** es mostrado en la **Figura 4**, donde aparecieron en la región de los carbonos *sp*^{3} cinco señales y en la región de los carbonos *sp*^{2} cuatro señales, en tanto que en la **Figura 5** se muestra el espectro de RMN de ^{13}C DEPT el cual revela que la estructura tiene dos metilos; tres metilenos, de los cuales dos de ellos son *sp*^{3} y el otro es *sp*^{2}, cuatro carbonos metínicosy un carbono cuaternario. En la **Figura 6** se muestra la ampliación del espectro de RMN de ^{13}C del monoterpeno nonocíclico **38.** **10 SEÑALES DE CARBONOS**

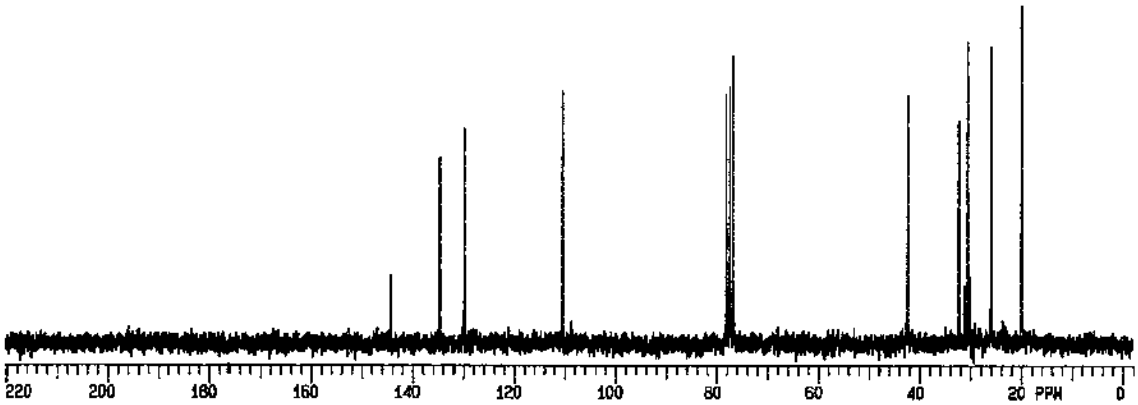


Figura 4.- Espectro de RMN de ^{13}C en $CDCl_3$del monoterpeno monocíclico **38**.

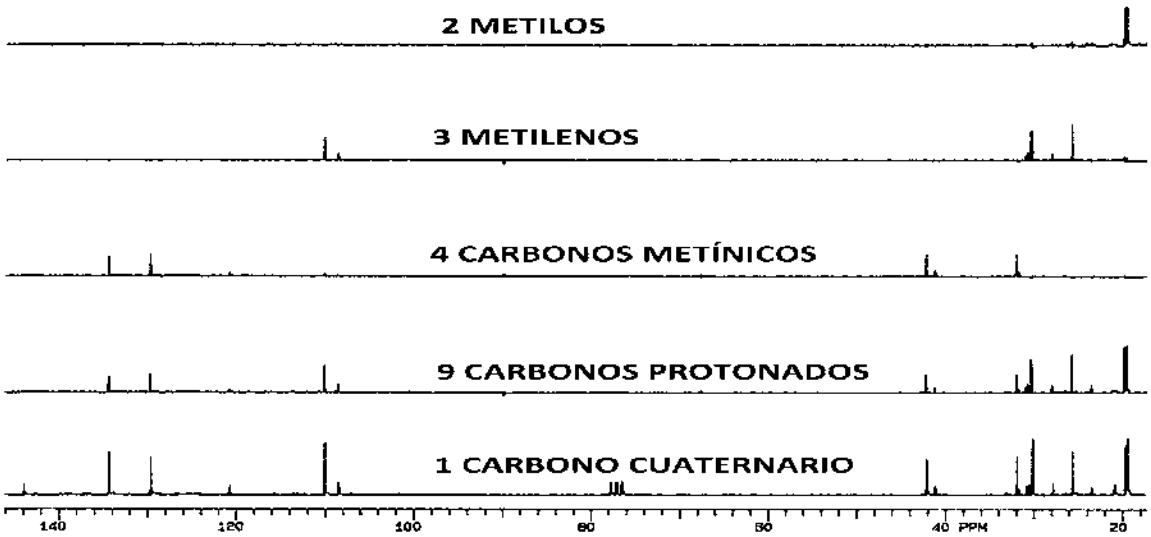


Figura 5.- Espectro de RMN de ^{13}C DEPT del monoterpeno monocíclico **38**.

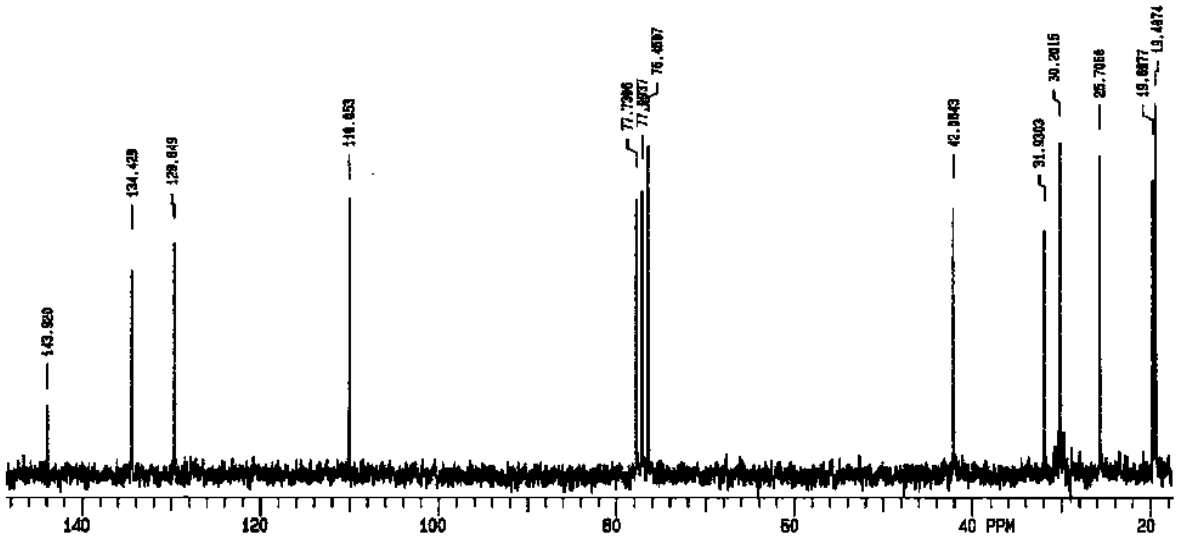
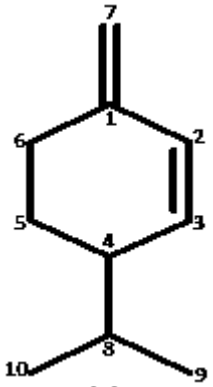


Figura 6.- Ampliación del espectro de RMN de ^{13}C en $CDCL_3$ del monoterpeno monocíclico **38**.

No se aprecian señales de carbonos que sean bases de heteroátomos como el oxígeno, que pudieran revelar existencia de oxhidrilos, por lo que sumando todos estos fragmentos nos da un hidrocarburo cicloalcadiénico de Fórmula Molecular $C_{10}H_{16}$, como se muestra en la **Figura 7**, las asignaciones para hidrógenos vinílicos y los metilos de la estructura se representan en el espectro de la **Figura 8**, en cuanto los valores de los desplazamiento para los carbonos se encuentran representados en la **Tabla IV**, en los que por ejemplo el único carbono cuaternario C-1 de la estructura fue sencillo de asignar por espectro de RMN de ^{13}C DEPT, comparando los barridos espectrales relativos al barrido de la totalidad de átomos de carbono con el barrido respectivo de los carbonos protonados en los que la señal del carbono desplazada a campo más bajo correspondiente a 143.9 ppm reveló ser el carbono cuaternario C-1, igualmente se aprecia con la señal del único metileno exocíclico sp^2 que tiene la estructura correspondiente al C-7 desplazada en 110.0 ppm; asimismo los carbonos protonados metínicos vinílicos C-2 y C-3 conjugados con el metileno exocíclico, la señal desplazada en 134.4 ppm que es la que se encuentra a campo más bajo correspondió al C-3.

2 CH_3 secundarios de un grupo isopropilo	C_2H_6	
2 H vinílicos (vec.)	C_2H_2	
$C=CH_2$ metiléno exocíclico	CH_2	
$C=CH_2$ carbono cuaternario	C	
2 CH_2 metilénos sp^3	C_2H_4	
2 CH carbono metínico sp^3	C_2O_2	



38

Fórmula molecular $C_{10}H_{16}$

	F.M.	
CICLOALCANO	C_nH_{2n}	
CICLOALQUENO	C_nH_{2n-2}	
CICLOALCADIENO	C_nH_{2n-4}	
MONOTERPENO	$C_{10}H_{(2X10)-4}$	C_{10}
CICLODIÉNICO	$C_{10}H_{16}$	

Figura 7.- Fragmentos hidrocarbonados del β-felandreno.

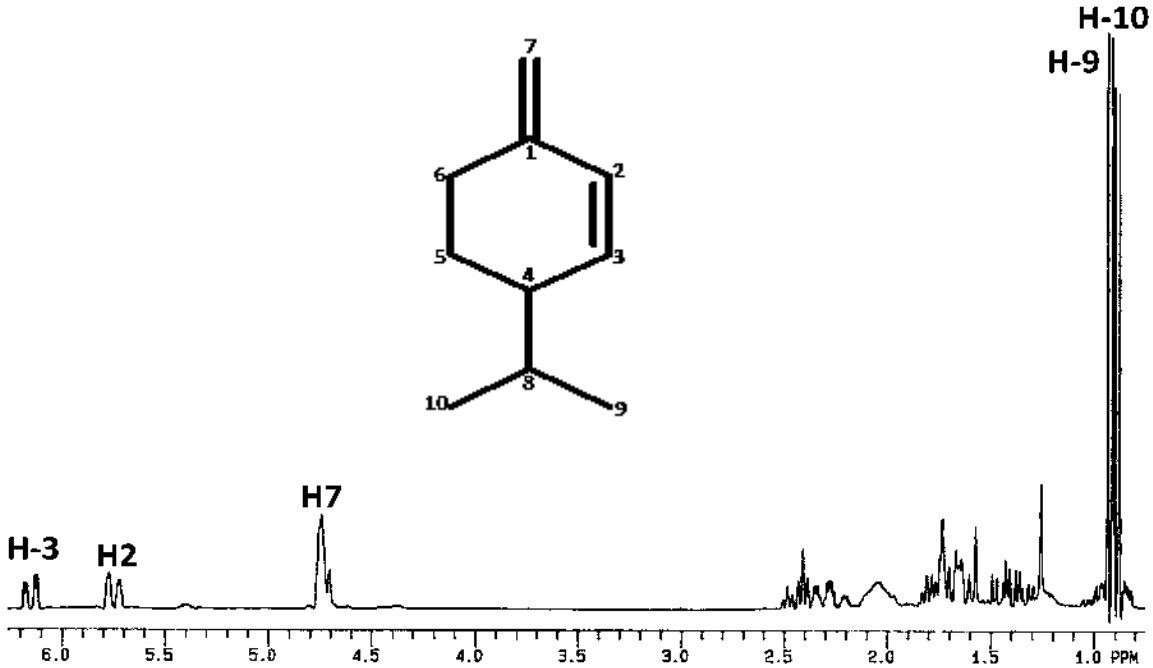
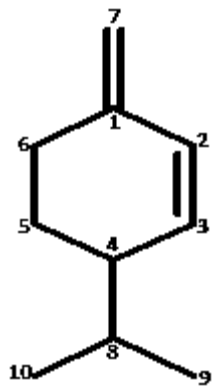
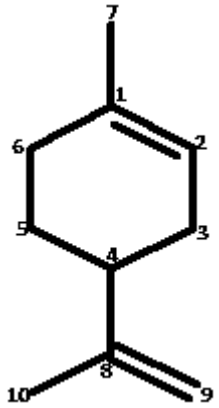
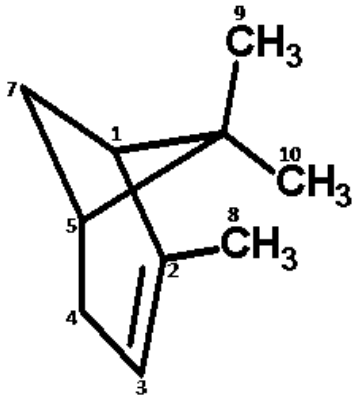


Figura 8.- Espectro de RMN de ^1H en $CDCl_3$ del monoterpeno monocíclico β-felandreno**38**.





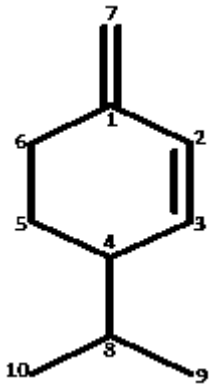


β-FELANDRENO 38		LIMONENO 35		α-PINENO 39	
C-1	143.9	C-1	133.7	C-1	47.2 d
C-2	129.6	C-2	120.7	C-2	144.4 s
C-3	34.4¡Error! Marc	C-3	30.8	C-3	116.1.d
C-4	42.0	C-4	41.1	C-4	31.3 t
C-5	25.7	C-5	27.9	C-5	40.9 d
C-6	30.2	C-6	30.6	C-6	38.0 s
C-7	110.0	C-7	23.5	C-7	31.5 t
C-8	31.9	C-8	150.3	C-8	26.4 q
C-9	19.4	C-9	108.4	C-9	20.8 q
C-10	19.8				

Tabla IV Valores de los desplazamientos químicos del (-)-Limoneno **35**, β-felandreno **38** y α-pineno **39**.

En tanto que para el C-2, se le asignó el menor desplazamiento en 129.6 ppm y así se llevaron a cabo las asignaciones de los dos carbonos metínicos *sp*^{3} C-4 y C-8, en la que la señal más desplazada de las dos señales observadas en el espectro RM^{13}C DEPT correspondiente al barrido de los carbonos metínicos *sp*^{3} en 42.0 ppm correspondió al carbono metínico C-4 por ser un carbono alílico , quedando la asignación correspondiente a la señal menos desplazada para el carbono metínico del isopropilo C-8 en 31.9 ppm; de igual modo ocurre con las dos señales de los metilenos *sp*^{3} C-5 y C-6 desplazadas en 25.76 ppm y 30.2 ppm, correspondiendo la señal del

metileno más desplazada al C-6, por ser el metileno alílico y por consiguiente la señal del metileno menos desplazada correspondió al C-5 desplazada en 25.70 ppm, quedando los valores de las señales a campo más alto para los dos metilos del grupo isopropilo, que visiblemente se encuentran ligeramente traslapadas, pero con la ampliación espectral se revelan ligeras diferencias, las cuales sus desplazamientos correspondieron a 19.4 y 19.8 ppm respectivamente, pudiendo ser estos valores intercambiables en cuanto a la asignación respectiva de los metilos C-9 y C-10, todos los valores de los desplazamientos de los carbonos con sus respectivas asignaciones son mostrados en el espectro de RMN de ^{13}C de la **Figura 9.**



C-1	**143.9**
C-2	**129.6**
C-3	**134.4**
C-4	**42.0**
C-5	**25.7**
C-6	**30.2**
C-7	**110.0**
C-8	**31.9**
C-9	**19.4***
C-10	**19.8***

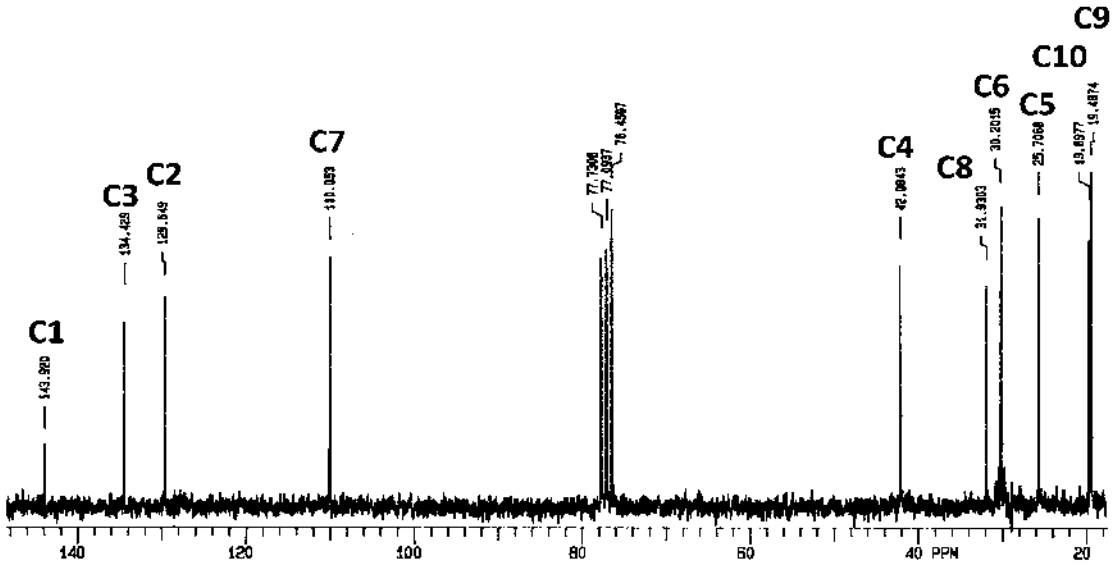


Figura 9.-Ampliación del espectro de RMN de ^{13}C del monoterpeno monocíclico β-felandreno **38**.

El β-felandreno, se ha obtenido de algunas especies de los géneros *Juniperus*, *Pinus*, *Schinus*, se ha utilizado como aromatizante ya que su olor ha sido descrito como a pimienta, ligeramente

mentolado y cítrico, además entre otros muchos usos, se le atribuyen propiedades fungicidas.

A partir de la F-11 se incrementó la polaridad en la elución a hexano-cloruro de metileno 9:1, colectándose treinta y dos eluatos de los cuales en las fracciones F-12 a F-15 se obtuvo una pequeña cantidad de un aceite denso ligeramente amarillento correspondiente a una mezcla de los monoterpenos isoméricosβ-felandreno, limoneno, α-pineno y un triterpeno mostrado en la **Figura 10**, de esta mezcla se pudo separar el compuesto cuyo espectro de RMN de ^{1}H se comparó con el espectro de RMN de ^{1}H obtenido de la F-14 de la cromatografía del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera aptera* Ramírez mostrado en la **Figura 11** en donde se puede apreciar tanto el espectro de RMN de ^{1}H de limoneno **35**además de los fragmentos hidrocarbonados de este monoterpeno monocíclico y en la **Tabla V** se muestra una lista en donde se ha obtenido de los extractos hexánicos de tallos o de frutos el (-)-limoneno.

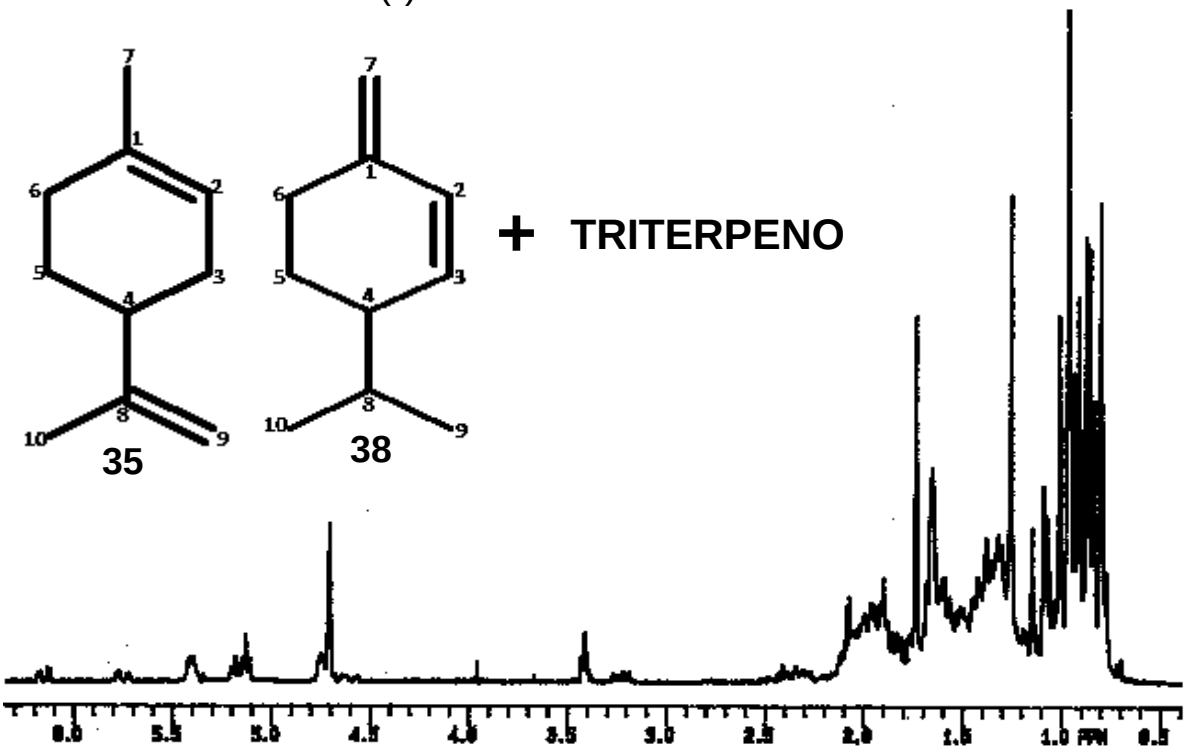


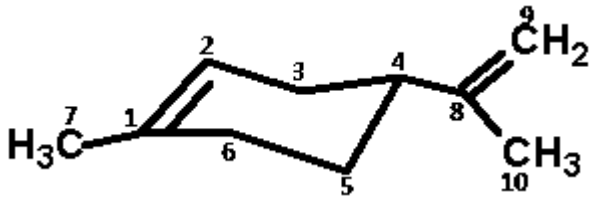
Figura 10.- Espectro de RMN de ^{1}H en $CDCl_3$ de la fracción F-12 de la Cromatografía en columna del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera sarukhanii*.

C_{10}	$C_{10}H_{(2X10)-4}$		
2 CH_3	vinílicos	(C-7 y C-10)	C_2H_6
$C = CH_2$	metileno del isopropilo (C-9)		CH_2
$C = CH_2$	carbono cuaternario (C-8)		C
C	carbono cuaternario (C-1)		C
3 CH_2	metilenos sp^3(C-3, C-5, C-6)		C_3H_6
1 CH	carbono metínico(C-4)		CH
1 CH	carbono metínico	(C-2)	CH

Formula molecular $C_{10}H_{16}$

R-LIMONENO

(+)-α-LIMONENO



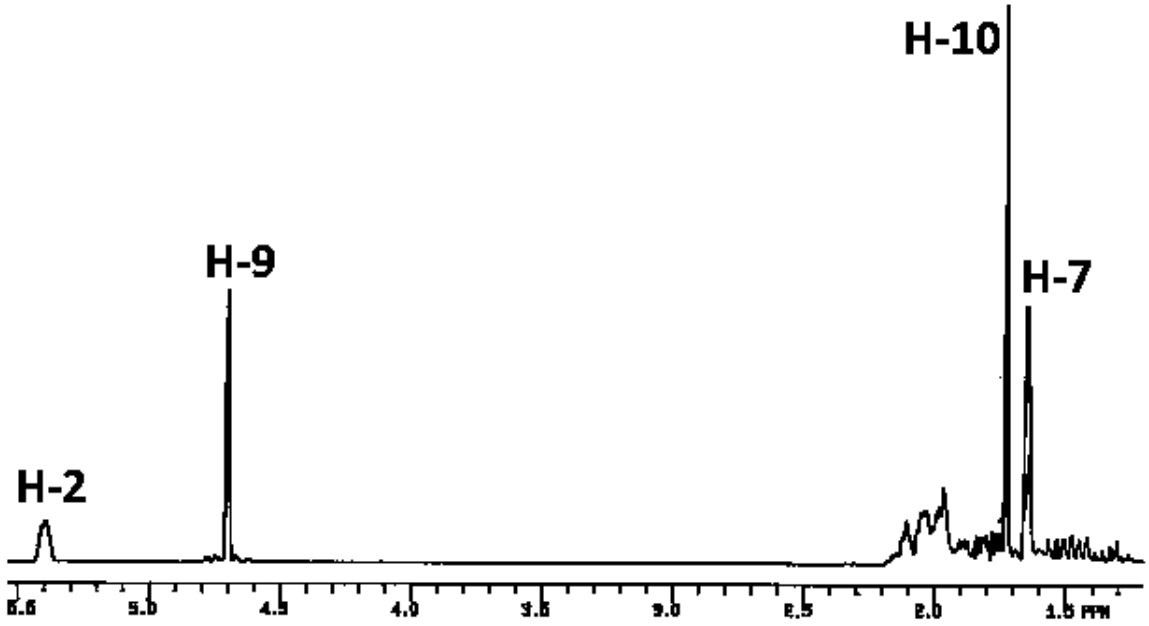


Figura 11.- Fragmentos hidrocarbonados y espectro de RMN de ^1H del L-limoneno 35.

NOMBRE BINOMIAL DE LA PLANTA	
1.-*Bursera biflora* (Rose) Steandl.	(t)
2.-*Bursera bonetii* Rzed.	(t,f)
3.-*Bursera copallifera* (t,f)	
4.-*Bursera esparzae* Rzed. Calderón & Medina.	(t)
5.-*Bursera glabrifolia* (HBK) Engl.	(t,f)
6.-*Bursera infernidialis* Guevara & Rzed.	(t,f)
7.-*Bursera palmeri* S. Wats.	(t,f)
8.-*Bursera paradoxa* Guevara & Rzed.	(t)
9.-*Bursera sarukhanii* Guevara & Rzed.	(t,f)
10.-*Bursera véjar-vazquezii* Miranda	(t)
11.-*Bursera vellutina* Bullock	(t,f)
12.-*Bursera xochipalensis* Rzed.	(t)

Tabla V Burseras de las que se ha aislado (-)-Limoneno **35** de los copales (Burseras no defoliantes) tallos (t) y frutos (f).

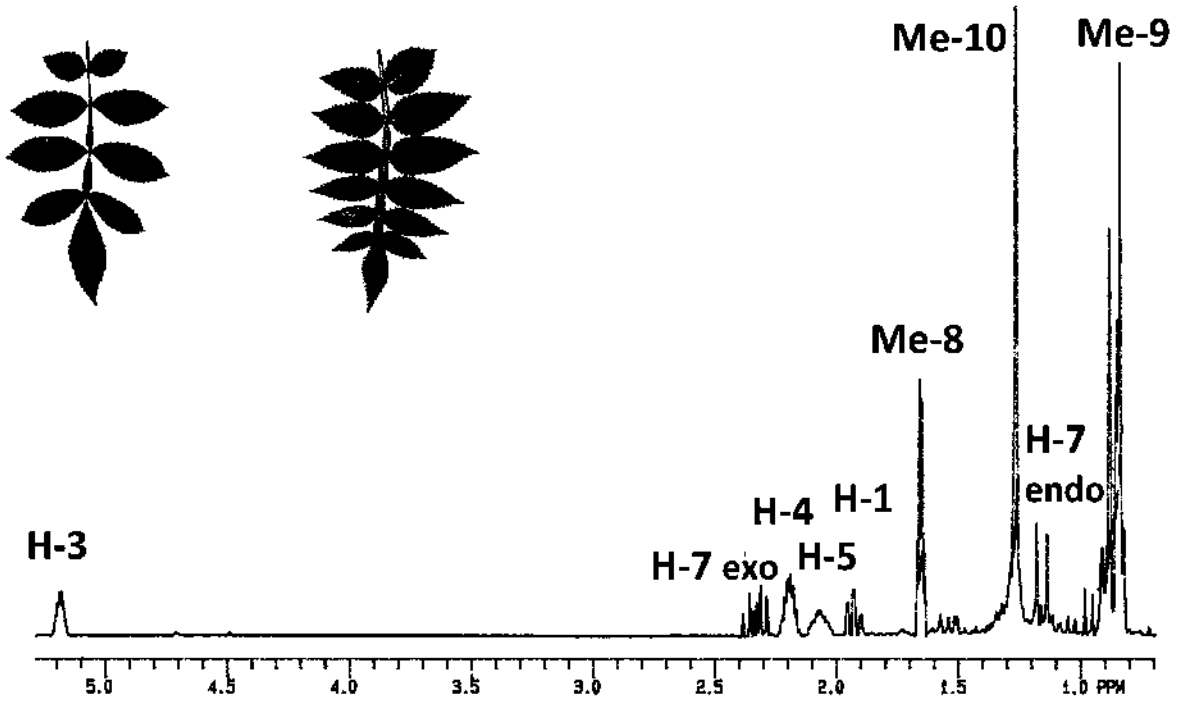


Figura 12.- Espectro de RMN de ^{1}H a 200 MHz del α-pineno.

C_{10} $C_{10}H_{(2X10)-4}$

2 CH_3 terciariosC_2H_6

2 CH_3 vinílico CH_3

2 CH_2metilenos $sp^3C_2H_4$

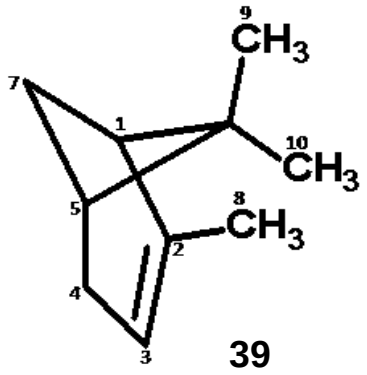
2 CH carbono metínico $sp^3C_2H_2$

1 CH carbono metínico sp^2 CH

1 C carbono cuaternariosp^3 C

1 C carbono cuaternario sp^2 C

Formula molecular $C_{10}H_{16}$



39

α-PINENO

Figura 13.- Fragmentos hidrocarbonados del α-pineno**.**

En la **Figura 12** el espectro de RMN de ^1H del α-pineno **39**y en la **Figura 13** muestran los fragmentos hidrocarbonados en el que se aprecia el listado de los distintos fragmentos hidrocarbonados de este monoterpeno isomérico bicíclico, que estructuralmente no coincide con los monoterpenos monocíclicos limoneno **35** del β-felandreno **38**, también el α-pineno **39** se ha obtenido además de la *Bursera hintonii*, especie no defoliante (sección Bullockia), que es una especie taxonómicamente cercana a la *Bursera sarukhanii*.

Un listado comparativo de los fragmentos hidrocarbonados con el β-pineno **40**es mostrado en la **Figura 14** y en la **Tabla VI** se muestra una lista en donde se ha obtenido el α-pineno **39** de los extractos hexánicos de tallos o de frutos provenientes de Burseras defoliantes y en particular a los cuajiotes rojos.

NOMBRE BINOMIAL DE LA PLANTA	
1.-*Bursera kerberi* (Rose) Steandl.	(t)
2.-*Bursera suntui* Rzed.	(t,f)
3.-*Bursera multijuga*	(f)
4.-*Bursera lancifolia*.	(t,f)
5.-*Bursera galeottiana* (HBK) Engl.	(t)
6.-*Bursera schlechtendalii* Guevara & Rzed.	(t,f)
7.-*Bursera trifoliolata* S. Wats.	(t)
8.-*Bursera chemapodita* Guevara & Rzed.	(t)

Tabla VI Burseras de las que se ha aislado α-pineno **35** de los cuajiotes rojos» (Burseras defoliantes) tallos (t) y frutos (f).

2 CH_3	terciarios geminales	C_2H_6
$C = CH_2$	metileno exocíclico	CH_2
$C = CH_2$	carbono cuaternario	C
3 CH_2	metilenos sp^3	C_3H_6
2 CH	carbono metínico sp^3	C_2H_2
1 C	carbono cuaternario sp^3	C

C-1	151.3
C-2	23.8
C-3	23.6
C-4	40.8
C-5	27.9
C-6	52.1
C-7	106.3
C-8	40.8
C-9	21.7

Formula molecular $C_{10}H_{16}$

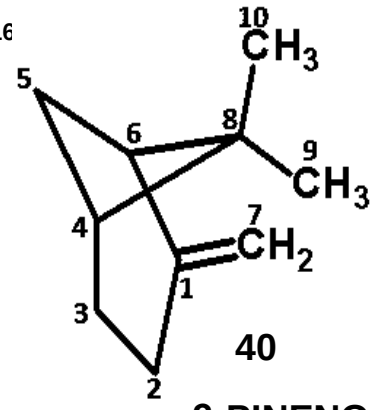
F.M.

CICLOALCANO C_nH_{2n}

CICLOALQUENO C_nH_{2n-2}

BICICLOALQUENO $C_nH_{2n-4}C_{10}$

$C_{10}H_{(2X10)-4}$



40

β-PINENO

MONOTERPENO BICÍCLO ALEFÍNICO $C_{10}H_{16}$

Figura 14.- Fragmentos hidrocarbonados del β-pineno.

En las fracciones colectadas F-24 y F-25 se obtuvo una pequeña cantidad de un aceite denso que posteriormente solidificó como un polvo blanquecino, del cual se obtuvo su correspondiente espectro de RMN de ^{1}H y este espectro fue comparado con el espectro de RMN de ^{1}H obtenido de la F-18 de la cromatografía del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera mirandae,* los cuales revelaron ser muy semejantes, su diferencia se debe principalmente al grado de pureza de cada compuesto,ambos espectros son mostrados en la **Figura 15**; del espectro de RMN de ^{13}C.

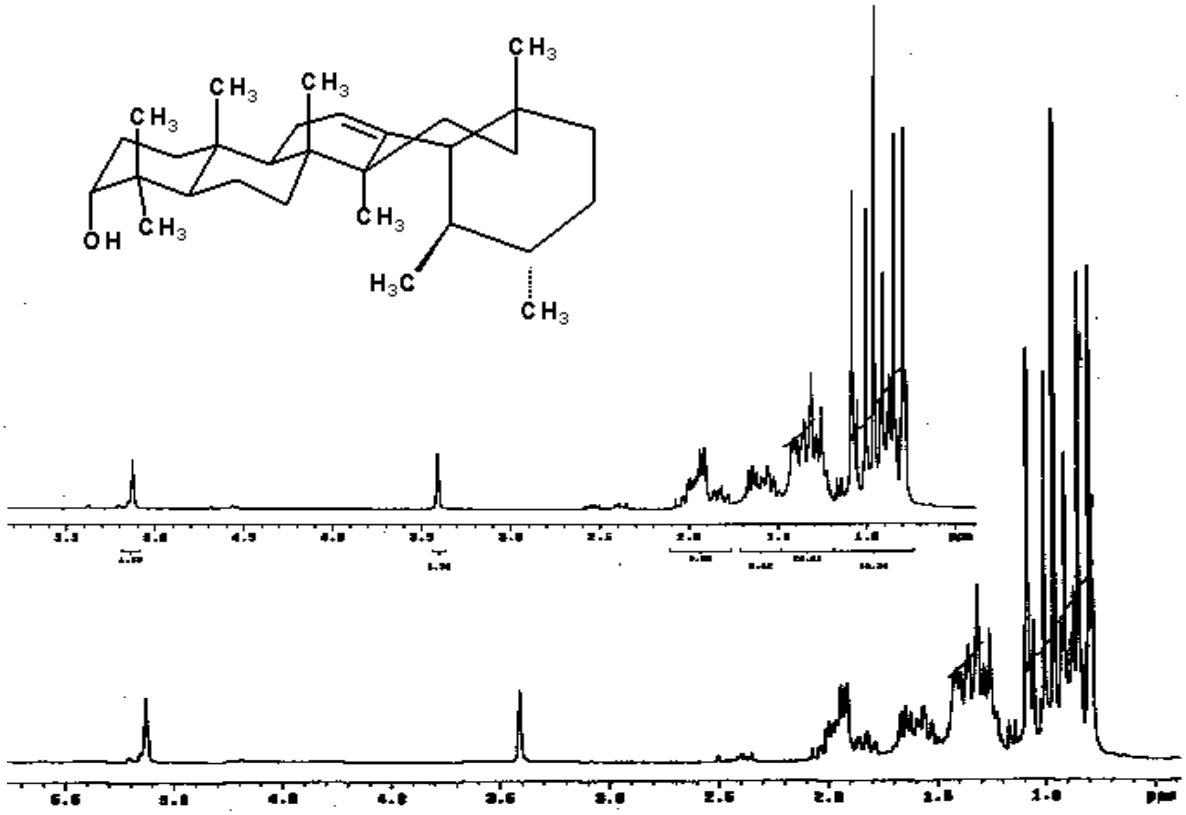


Figura 15.- Espectro de RMN de ^{1}H de la fracción F-25 de la Cromatografía en columna del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera sarukhanii*.

En una ampliación en la región a campo alto entre 15 y 60 ppm, el cual es mostrado en la **Figura 16**, del cual se pueden apreciar las veintisiete señales esperadas.

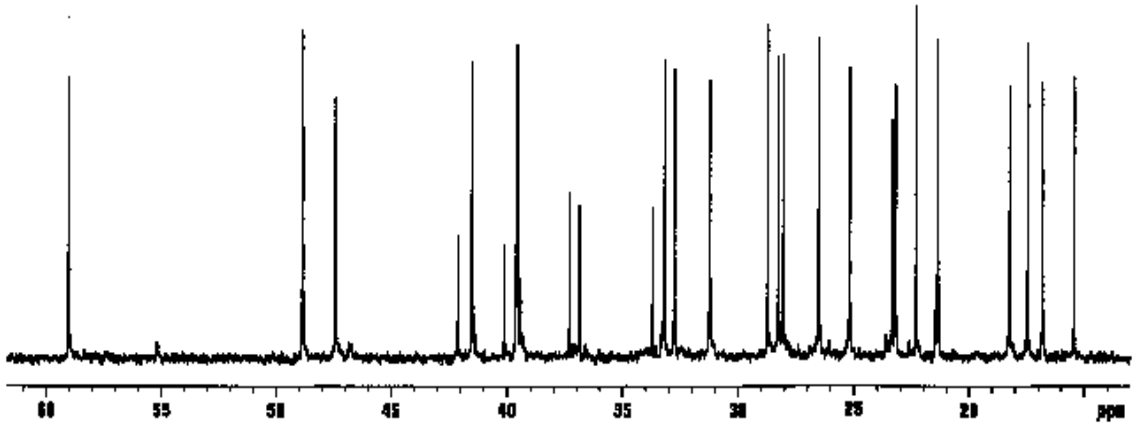
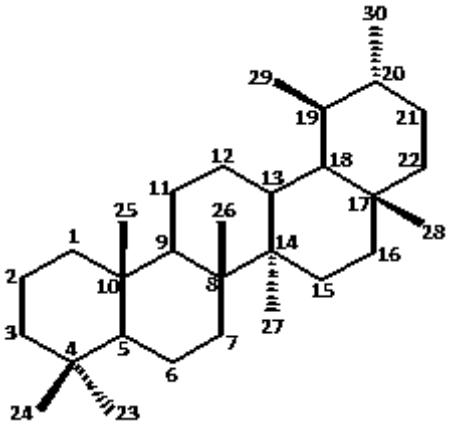
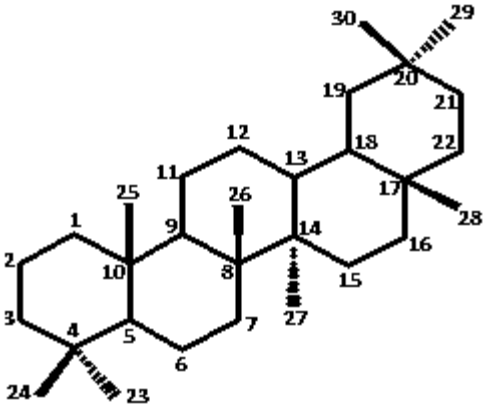


Figura 16.- Espectro de RMN de ^{13}C expansión en la región de campo alto entre 15 y 60 ppm de la 3-*epi*-α-amirina **43.**



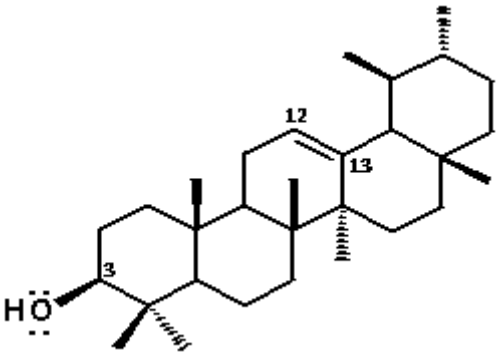
41

URSANO



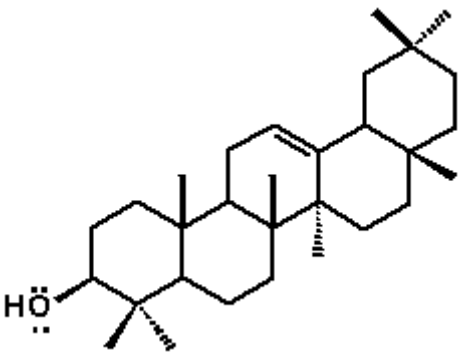
42

OLEANANO



43

α-AMIRINA



44

β-AMIRINA

En el barrido de campo alto no aparecen las tres señales restantes correspondientes al carbono base del oxhidriloen C-3. ni las de los carbonos vinílicos C-12 y C-13, el espectro de RMN de ^{13}C DEPT mostrado en la **Figura 17** aparecen las señales respectivas de la región de los carbonos *sp*^{2} desplazadas en 124.4 y 139.4 ppm correspondientes al carbono cuaternario C-13 y al carbono metínico C-12 respectivamente, así como también la señal del carbono base del oxhidrilo secundario C-3 desplazada en 76.1 ppm; los carbonos metílicos C-19 desplazado a campo alto en 15.5 ppm; la señal para C-20 desplazada en 17.6 ppm y la señal del metilo C-18 desplazada en 28.4 ppm.

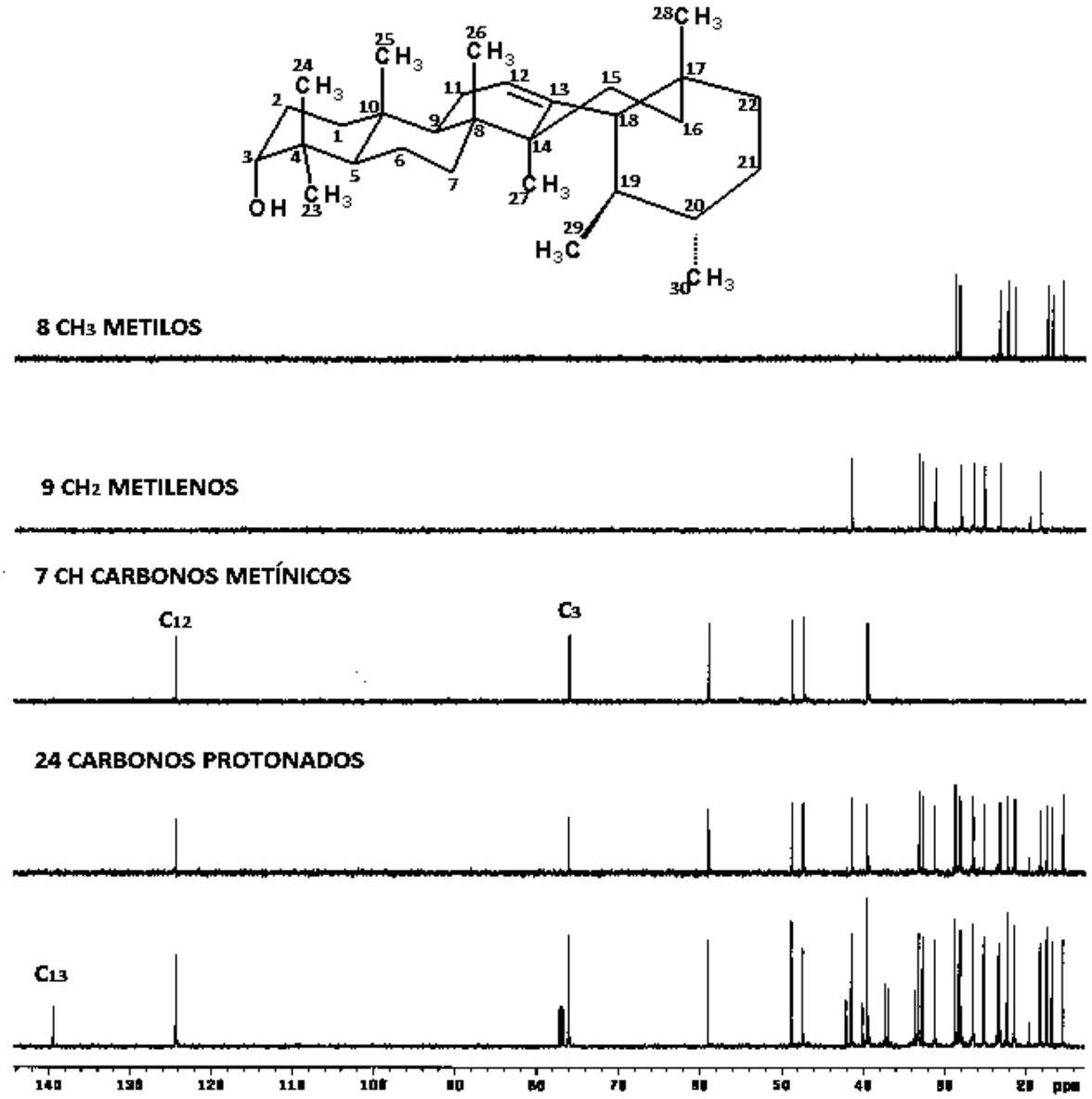
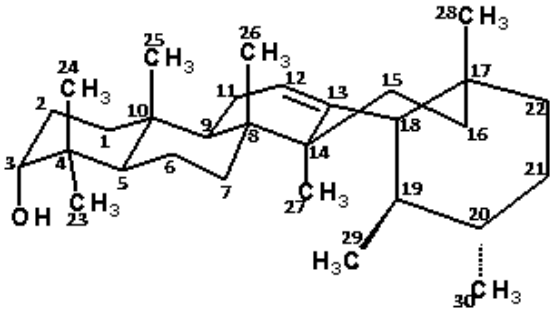


Figura 17.- Espectro de RMN DE ^{13}C DEPT de la 3-*epi*-α-amirina**45**.

La totalidad de los valores de los desplazamientos de las señales son mostrados en la **Figura 18**, los cuales fueron comparados con los reportados en la literatura.[101-103]

3-*epi*-α-amirina

45



OCHO METILOS

	23	24	25	26	27	28	29	30
45	28.7	22.3	15.4	16.8	23.5	28.2	17.4	21.3
43	28.1*	15.6+	15.6+	158	23.2	28.0*	17.4	21.3

NUEVE METILENOS

	1	2	6	7	11	15	16	21	22
45	41.5	25.1	18.2	32.7	23.2	28.0	26.5	31.2	41.5
43	38.7	27.2	18.3	32.9	23.3	28.7	26.5	31.2	41.4

SIETE CARBONOS METÍNICOS

	3	5	9	12	18	19	20
45	76.1	48.8	47.4	124.4	59.0	39.6*	39.5*
43	79.0	55.1	47.6	124.3	59.0	39.6*	39.5*

SEIS CARBONOS CUATERNARIOS

	4	8	10	13	14	17
45	37.3	40.1	36.8	139.4	42.0	33.6
43	38.7	39.9	36.8	139.5	42.0	33.7

+,* La asignación de las señales pueden estar intercambiadas

Figura 18.-Valores de los desplazamientos químicos de los carbonos de la 3-*epi*-α-amirina **45** y los del α-amirina **43**.

Todos los datos espectroscópicos separados por los fragmentos hidrocarbonados son mostrados en la **Figura 18** los cuales fueron consistentes con el triterpeno pentacíclico 3-*epi*-α-amirina **45** de esqueleto triterpénico tipo ursano **41** e isomérico con el del esqueleto oleanano **42** como la β-amirina **44** ambos de F.M. $C_{30}H_{50}O$.

El 3-*epi*-isómero de **45** la α-amirina **43** se obtuvo como un sólido blanco polvoso de p.f. 183-185°C de la F-34 y una ampliación del espectro de RM^{13}C es mostrado en la **Figura 19** y sus datos espectroscópicos son mostrados en la **Figura 20**, los cuales se desglosan en sus fragmentos hidrocarbonados.

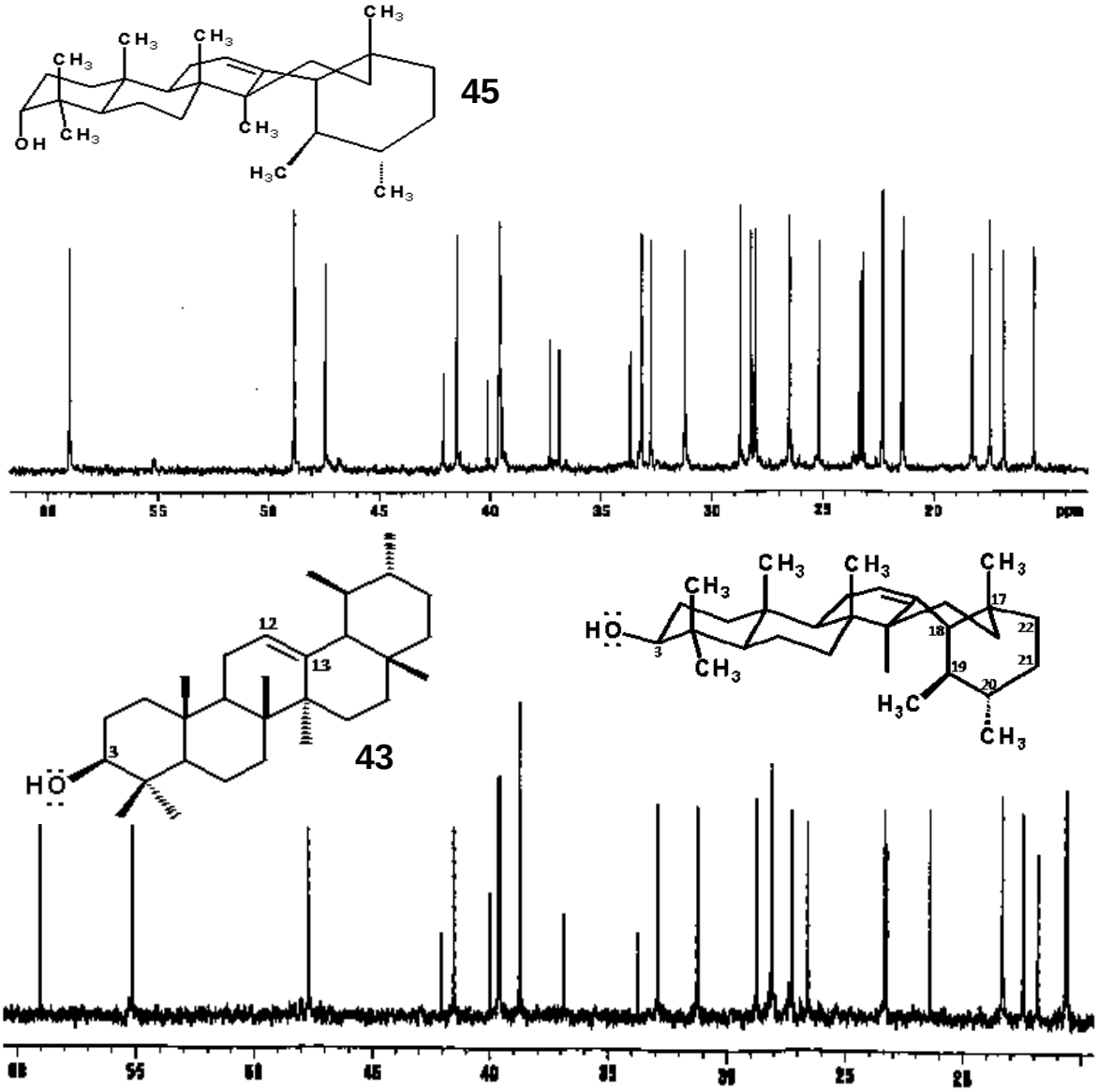
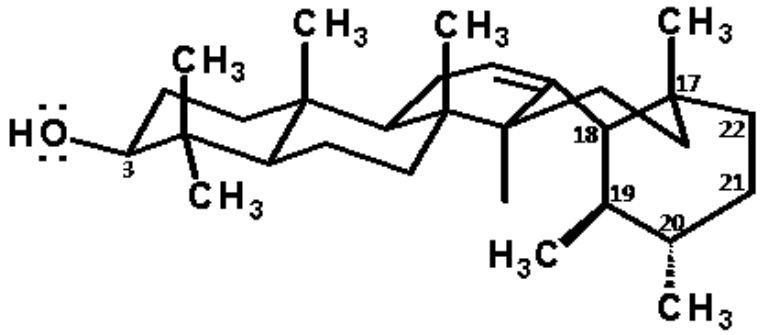


Figura 19.- Ampliaciones delos espectros de RM13C de la 3-*epi*-α-amirina **45** y de la α-amirina **43**.

α-amirina

43



OCHO METILOS

	23	24	25	26	27	28	29	30
43	28.10	15.66	15.61	15.83	23.24	28.07	17.46	21.39
Lit.	28.1	15.6	15.6	16.8	23.3	28.1	17.4	21.3

NUEVE METILENOS

	1	2	6	7	11	15	16	21	22
43	38.75	27.24	18.32	32.90	23.33	28.73	26.58	31.23	41.49
Lit.	38.7	27.2	18.3	32.9	23.3	28.7	26.6	31.2	41.5

SIETE CARBONOS METINICOS

	3	5	9	12	18	19	20
43	79.03	55.14	47.67	124.38	59.02	39.63*	39.58*
Lit.	78.8	55.2	47.7	124.3	58.9	39.6	39.6

SEIS CARBONOS CUATERNARIOS

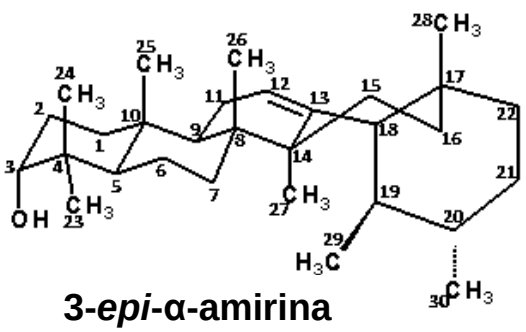
	4	8	10	13	14	17
43	38.75	39.97	36.86	139.55	42.04	33.73
Lit.	38.7	40.0	36.9	139.3	42.0	33.7

+, * la asignación de las señales pueden estar intercambiadas

Figura 20.- Valores de los desplazamientos químicos de los carbonos de la α-amirina.

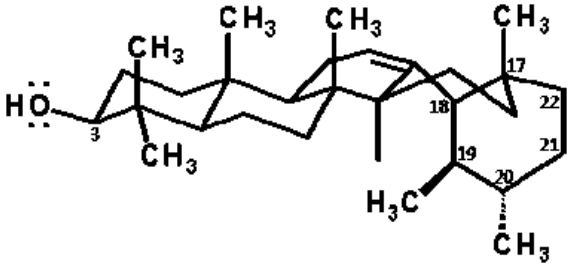
La acetilación con anhidrido acético y piridina de 25 mg de 3-*epi*-α-amirina **45** y de la α-amirina **43**, cada experimento por separado, dieron sus respectivos acetatos derivados **46** y **47**, el espectro de

RMN de ^{1}H del acetato de la 3-*epi*-α-amirina **46** se muestra en la **Figura 21**, en donde se aprecia el desplazamiento hacia campo bajo de la señal base de acetato H-3 como una señal simple ensanchada y la aparición del metilo del acetato desplazada en 2.04 ppm.

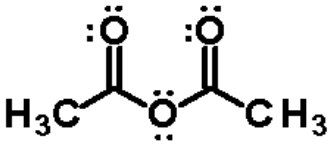


3-*epi*-α-amirina

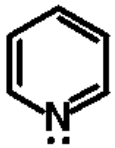
45



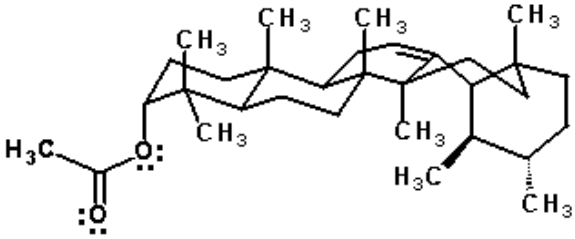
α-amirina **43**



Anhidrido acético

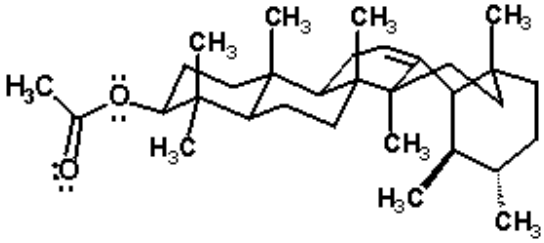


Piridina



Acetato de la
3-*epi*-α-amirina

46



Acetato de la
α-amirina

47

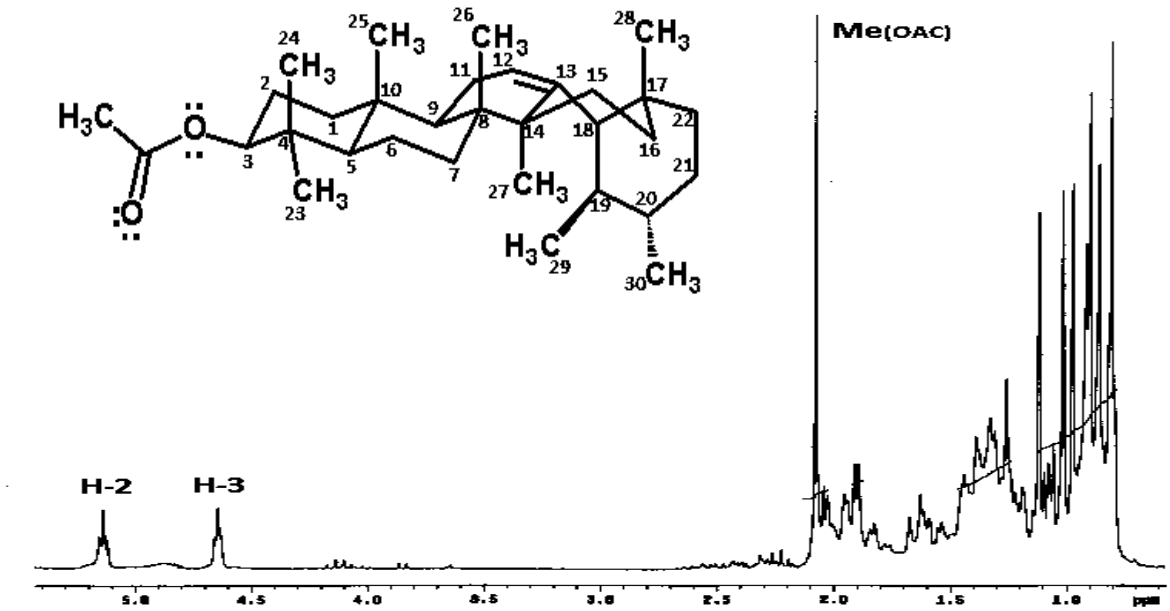
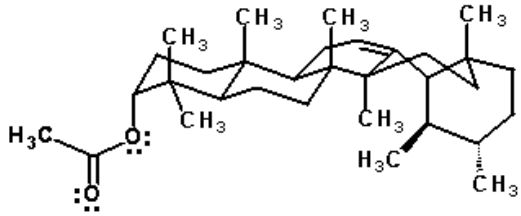
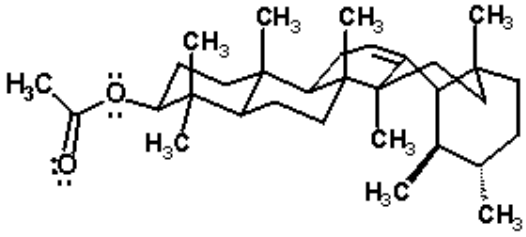


Figura 21.- Espectro de RMN DE^{1}H del Acetato de la 3-*epi*-α-amirina **46**.

Los valores de los desplazamientos de los carbonos obtenidos de sus espectros de RMN de ^{13}C, fueron comparados con los valores reportados en la literatura, los cuales fueron coincidentes y se encuentran representados en la **Tabla V**.





	Acetato de la 3-*epi*-α-amirina 46	Acetato de la α-amirina 47	Acetato de la α-amirina Lit. 47
C-1	41.5	38.4	38.4
C-2	26.5	23.6	23.6
C-3	78.1	80.7	80.7
C-4	36.8	37.6	37.6
C-5	50.0	55.3	55.3
C-6	18.1	18.3	18.3
C-7	32.6	32.8	32.8
C-8	40.1	40.1	40.1
C-9	47.4	47.6	47.6

C-10	**36.4**	**36.8**	**36.8**
C-11	**23.2**	**23.2**	**23.2**
C-12	**124.4**	**124.1**	**124.1**
C-13	**139.4**	**139.4**	**139.4**
C-14	**42.0**	**42.1**	**42.1**
C-15	**28.0**	**28.7**	**28.7**
C-16	**26.5**	**26.7**	**26.7**
C-17	**33.7**	**33.8**	**33.8**
C-18	**59.0**	**59.0**	**59.0**
C-19	**39.6***	**39.7**	**39.7**
C-20	**39.5***	**39.7**	**39.7**
C-21	**31.2**	**31.3**	**31.3**
C-22	**41.5**	**41.5**	**41.5**
C-23	**27.8***	**28.1**	**28.1**
C-24	**21.9***	**16.8**	**16.8**
C-25	**15.4**	**15.7**	**15.7**
C-26	**16.8**	**16.8**	**16.8**
C-27	**23.3**	**23.2**	**23.2**
C-28	**28.7**	**28.1**	**28.1**
C-29	**17.4**	**17.5**	**17.5**
C-30	**21.3**	**21.4**	**21.4**
Me (ACO)	**21.3.7**	**21.2**	**21.2**
C=O (ACO)	**170.7**	**170.4**	**170.4**

*** la asignación de las señales pueden estar intercambiadas**

Tabla V. Desplazamientos de RMN de ^{13}C de los acetatos derivados de la 3-*epi*-α-amirina **46** y de la α-amirina **47**.

CONCLUSIONES

Del extracto hexánico de los tallos de *Bursera sarukhanii* Rzed. & Guevara se aislaron mayoritariamente como aceites ligeros y oleosos de olor característico tres monoterpenos; dos de ellos monocíclicos, uno de ellos correspondió al (-)-limoneno **35**, el cual es el metabolito secundario más distribuído mayoritariamente en las especies de Burseras defoliantes y en particular las del grupo de los «cuajiotes amarillos», como recientmente se aisló de la *Bursera aptera* y *Bursera discolor* además el monoterpeno monocíclico β-felandreno **38**, se aisló también el monoterpeno bicíclico α-pineno **39** obtenido también de otras especies de Burseras como la *Bursera suntui, Bursera kerberi, Bursera trifoliolata* y otras Burseras pertenecientes a la Sección Bursera y en particular las del grupo de los «cuajiotes rojos».

La proporción de estos monoterpenos presentes en los extractos varía con el período de fecha de colecta y con el lugar en donde fue colectada la especie.

Se obtuvieron además dos metabolitos triterpenoides de esqueleto pentacíclico derivado del ursano correspondiente a la 3-*epi*-α-amirina **45** y a la α-amirina **43** obtenido también de otras especies, principalmente de la Sección Bullockia, pero también de la Sección Bursera como la *Bursera fagaroides* var elongata, la *Bursera morelensis* y la *Bursera galeottiana.*

Seprepararon los respectivos acetatos de ambas amirinas y se caracterizaron por comparación de los despalzamientos químicos de los carbonos reportados en la literatura.

Todos los metabolitos aislados fueron caracterizados en base a sus propiedades químicas y espectroscópicas por medio de la comparación de los valores de sus desplazamientos químicos leídos de sus espectros de RMN de ^{1}H y de RMN de ^{13}C, DEPT incluyendo también espectros en dos dimensiones, con respecto a los valores de los desplazamientos químicos reportados en la literatura.

BIBLIOGRAFÍA

1.-Ramamoorthy, T.P. R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.). *Biological diversity of Mexico*: *origins and distribution*. Oxford University Press, New York 812p.**(1993)**.

2.-Standley, P.C. Trees and shrubs of Mexico. *Contributions from the United States National Herbarium* , 23 : 1-1721.**(1920-1926)**.

3.-Morrone, J. J. y J. Márquez. Aproximación a un Atlas Biogeográfico Mexicano: componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, J. J. Morrone y J.Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 217-220.(**2003)**.

4.-CONABIO. Provincias biogeográficas de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.**(1997)**.

5.-Luis Fuentes Aguilar, Regiones Naturales del Estado de Puebla, Instituto de Geología, UNAM, México, **(1972)**.

6.-Ramírez, Felipe: «La Altiplanicie Central, del Preclásico al Epiclásico». En El México Antiguo. De Tehuantepec a Baja California, Pablo Escalante Gonzalo Centro de Investigación y Docencia Económicas, Fondo de Cultura Económica, Tomo I, Cap. 2, México.**(2009)**

7.-Rzedowski, El Endemismo de la flora fanerogámica mexicana*,* una apreciación analítica preliminar, *Acta Botánica Mexicana, 15: 45-64.***(1990)**.

8.-Villaseñor, J. L., Dávila, P & Chiang, F. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. 50: 135-149.**(1990)**.

9.-Salas S., L. Schibli, E. Torres, G. Ramírez & A. González. Análisis de la vegetación y uso actual del suelo en el estado de Oaxaca III. (Cañada y Mixteca). Informe técnico final SERBO A.C.**(1995)**.

10.-SEMARNAT-UAM. Estudios climáticos y de la vegetación de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Infrome Técnico. 192 pp.
11.- 11Smith, C.E. 1965. Flora, Tehuacán Valley. Fieldiana, Bot. 31: p.101-143. **(1997)**.

12.-Zavala, H.J.A. Estudios ecológicos en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especies. Biótica 7: 99-1202.**(1982)**.

13.-Ezcurra, E. & Medina I.R. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fasiculo 18. Instituto de Biología, UNAM, 13 pp.**(1997)**.

14.-CONABIO Workshop, Mexico, D.F., November. Ecological and Biogeographical Regionalization of Mexico.**(1997)**.

15.-Funk, V. A. y K. S. Richardson. Systematic data and biodiversity studies use it or lose it. Systematic Biology 51:303-316.**(2002)**.

16.-García, E. Climas. Escala 1:1,000,000. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F.**(1998)**.

17.-Tambutti, M., Silva, A., García-Mendoza, A. & Eguiarte, L. Patrones de distribución geográfica del género *Agave*: posible hipótesis histórica. XIII Congreso Mexicano de Botánica: Diversidad vegetal de México. Cuernavaca, Morelos, del 5 al 11 de noviembre de 1995 Libro de resúmenes. Universidad Autónoma del Estado de Morelos y Sociedad Botánica de México. **(1995)**.

18.-Dahlgren, R. M.; Clifford, H. T., Yeo, P. F. *The families of the monocotyledons.* (Springer-Verlag edición). Berlín.**(1985)**.

19.-Gilmartin, A. J.; Brown, G. K. «Bromeliales, related monocots and resolution of relationships among Bromeliaceae subfamilies.». *Syst. Bot.* (12): pp. 493-500.**(1987)**.

20.-Benzing, D. H. The biology of the bromeliads. Eureka, CA: Mad River Press. 305 pp.**(1980)**.

21.-Rzedowski, J. Vegetación de México. Limusa, México, D. F., p.432**(1978)**.

22.-Rzedowski, G. C. de, Rzedowski, J. Flora Fanerogámica del Valle de México, 2a. Ed., Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.**(2001)**.

23.-F. Miranda, "Estudiossobre la Vegetación de México ", Rasgos de la Vegetación en la Cuenca del Río Balsas.*Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.,* **8**, 95-114 (**1947**).

24.-F. Miranda y E. Hernández X., "Los sobre Tipos de Vegetación de México y su Clasificación". *Bol. Soc. Bot. Méx. ,* **28**, 29-179 (**1963**).

25.-F. Miranda, Nuevas fanerógamas del S.O. del estado de Puebla.*An. Inst. Biol. Méx.*, **13**, 451-462 **(1942)**.

26.-Rzedowski J. y R McVaugh, Synopsis of *Bursera* inWestern Mexico with notes of the material of *Bursera* collected by Sessé & Mociño, *Kew. Bull.,* **18**, 317-382 (**1965**).

27.-Favarger, C. y Contandriopoulos, J., Essai sur l' endemisme. *Bull. Soc. Bot. Suisse*, 384-408 **(1961)**.

28.-Altamirano, F.**,** Catálogo de la colección de productos naturales indígenas. Remitida por la Sociedad Mexicana de Historia Natural a la Exposición Internacional de Filadelfia. *La Naturaleza* III, 382-392, **(1876)**.

29.-Levin, G. A. y Morán, R., The vascular flora of Isla Socorro, México *San DiegoSoc. Nat. Hist. Mem.*, 16, 1-71 **(1989)**.

30.-Lorence, D. H. y García, A.M., Floristic Inventory of Tropical Countries. *New York Botanical Garden*, New York , 253-269, **(1989)**.

31.-Miranda, F., La Vegetación de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérez, Chiapas, 2 volúmenes **(1952)**.

32.-Miranda, F., Vegetación de la Vertiente del Pacífico de la Sierra Madre deChiapas y sus relaciones florísticas, Press. Ann. Arbor, Mich., Vol. 14, 1-3**(1957)**.

33.-Pinkava, D. J., Vegetation and flora of the Bolson of Cuatro Ciénegas Region, Coahuila,México: IV Summary, Endemism and Corrected Catalogue,*Journ. Ariz. Nev. Acad. Sci*., **19**, 23-47, **(1984)**.

34.-Schlechtendal, D. F. L. De plantis Mexicanis a G. Schiede, M.Dr., Car.Ehrenbergio alliisque, collectis. Linnaea **17**, 625-631, **(1843)**.

35.-Engler, A., Burseraceae. DC. Monogr. Phaner, **4**, 1-169, **(1883)**.

36.- Rose, J. N., Burseraceae. North Amer. Fl., **25**, 241-261 **(1911)**.

37.-Hemsley, W.B., Outlines of the geography and the porominent features of the flora of México and Central America, In : Biologia Centrali-Americana, Botany, Vol. IV, R.H. Porter, London, 138-315 **(1886-1888)**.

38.-Flores, V. y Gerez, P.O., Conservación en México: *Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo,* Instituto Nacional sobreRecursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, 302 **(1988)**.

39.-Rzedowski,J.,Plantae Guerrerenses Kruseanae,Ciencia, 28, 49-56 **(1978)**.

40.-Galati EM, Monforte MT, Tripodo MM, d'Aquino A, Mondello MR.Antiulcer activity of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae), ultrastructural study, *J. Ethnopharmacol*, Jun. 76(1):1-9.**(2001)**.

41.-Kohlmann, B. y S. Sánchez. Estudio areográfico del género *Bursera* Jacq. ex L.(Burseraceae) en México: una síntesis de métodos.In: Ezcurra, E. et al. Métodos cuantitativos en la biogeografía. Institutode Ecología, A.C. Publicación No. 12. México, D.F., 45-125 **(1984)**.

42.-Raven, P. H. y Axelrod, D.L., Origen and relationships of the California flora*Univ. Calif. Publ. Bot*., 72, 1-134, **(1978)**.

43.-Villaseñor J. L., *Bol. Soc. Bot. Méx.,* **47**, 65-86 (**1987**).

44.-Guízar Nolazco, E. y A. Sánchez Vélez, Guía para el reconocimiento de los principales árboles del alto Balsas. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 207 **(1991)**.

45.-Cuevas G., R. y J. Rzedowski. Una especie nueva de *Bursera* (Burseraceae) del occidente de México, *Acta Bot. Mex.***46**, 77-81 **(1999)**.

46.-R. Fernández-Nava, C. Rodríguez-Jiménez, M. A. Arreguín-Sánchez, A. Rodríguez-Jiménez. , "Listado Florístico de la Cuenca del Río Balsas, México", *Polibotánica,* **9**, 1-151 (**1998**).

47.-Ulibarri, E. A., 1996. Sinopsis de Caesalpinia y Hoffmannseggia (Leguminosae - Caesalpinioideae) de Sudamérica. Darwiniana 34:315.48.-Brenan, J.P.M. 1967. *Leguminosae subfamily Caesalpinoideae*. En: Milne Redhead, E.; Polhill, R.M., eds. Flora of tropical East Africa. London: Crown Agents for Overseas Governments and dministrations: 151-153.

49.-Casas, A., A. Valiente-Banuet, J. L. Viveros, P. Dávila, R. Lira, L. Cortés, R. Medina e I. Rodríguez Arévalo. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Econ. Bot.* 55(1): 129-166.**(2001)**

50.-Casas, A., J. L. Viveros y J. Caballero. Etnobotánica mixteca. Sociedad, cultura y recursos naturales en la montaña de Guerrero. Instituto Nacional Indigenista. México, D.F. 366 pp.**(1994)**.

51.-Cotton, C. M..*Ethnobotany. Principles and aplications*. John Wiley & Sons. Chichester. 424 pp.**(1997)**.

52.-Dávila, P., M. C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas y R. Lira. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México.*Biodiversity and Conservation,* 11: 421-442.**(2002)**.

53.-Dávila A., P. D., J. L. Villaseñor R., R. Medina L. y O. Téllez V., Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Mimosaceae. Fascículo 20. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

54.-Rosas, L. R. Estudio etnobotánico de San Rafael-Coxcatlán. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Tlalnepantla, Méx. 94 pp.**(2003)**.

55.-Cardel. Y., Rico-Gray, J.G. García-Franco y L.B. Thien. EcologicalStatus de *Beaucarnea gracilis*. Lem. (Nolinaceae), An endemic species of the Semiarid Tehuacan Valley, México. *Conservation Biology* , 22. 16 pp.**(1996)**.

56.-Cardel. Y., Rico-Gray, J.G. García-Franco y L.B. Thien.. Ecological Status de *Beaucarnea gracilis*, An endemic species of the Semiarid Tehuacan Valley, México. *Conservation Biology* 1, 1(2):367-374.**(1997)**.

57.-Valiente-Banuet, A., A. Casas, A. Alcántara, P. Dávila, N. Flores-Hernández, M. C. Arismendi, J. Ortega-Ramírez y J. A. Soriano. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. Méx*. 67: 25-75.**(2000)**.

58.-RzedowskiJ., R. Medina y G. Calderón de Rzedowski *Acta Botánica Mexicana,***81**, 45-70 (**2007**).

59.-RzedowskiJ., R. Medina y G. Calderón de Rzedowski, Inventario del conocimiento taxonómico de la diversidad y del endemismo regional de la especies mexicanas de Bursera (Burseraceae).*Acta Botánica Mexicana,***70**, 81-111 (**2005**).

60.-Espinosa, D.J. y J.J. Morrone, Historical Biogeographical patterns of Burseraceae and their Taxonomic implications.*Journal of Biogeography,***28**, 293-304 (**2006**).

61.-García-Arévalo, A., Vascular Plants of the Mapimí Biosphera Reserve, México: a checklist, *Sida* 20: 797-807 **(2002)**.

62.-Argueta, V. A. y A. J. Cano.. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana, Instituto Nacional Indigenista. México, D.F. 1785 pp.**(1994)**.

63.-Guzmán, U., Arias, S. y Dávila, A. P. *Catálogo de Cactáceas Mexicanas*, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión

Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 315, **(2003)**.

64.-García-Mendoza, A., Tenorio, P. y Reyes J., El Endemismo de la Flora Fanerogámica de la Mixteca Alta, Oaxaca-Puebla, México, Acta. *Bot.Méx*., 27: 53-73 **(1994)**.

65.-Villaseñor, J.L., Los Parques Nacionales y otras áreas protegidas y su papel en la riqueza florística.*Boletín del Instituto de Botánica,* Universidad de Guadalajara 1: 119-130 **(1992)**.

66.-Bullock, A. A., Contributions to the flora of tropical America: XXXII. *Plantae hintonianae*: IV. Further notes on the genus *Bursera*. *Bull. Misc.Inf. Kew* 1937: 447-457 **(1937)**.

67.-Bullock, A. A., Contributions to the flora of tropical America: xxxvii. Notes on the Mexican species of *Bursera, Kew Bull*. , 346-387 **(1936)**.

68.-Humboldt, A., A. Bonpland & K. S. Kunth, Burseraceae, In, Nova genera et species plantarum, **7**, 23-35, 611-612, **(1825)**.

69.-Oliva, L., Flora médica. El copal. *La Naturaleza* I, 37-43, **(1869)**.

70.-Ramírez, J., Datos para el estudio de los cuajiotes.*An. Inst. Med. Nac*.,**2**, 14-18, **(1896)**.

71.-Engler, A., Burseraceae. DC. Monogr. Phaner, **4**, 1-169, **(1883)**.

72.-Rose, J. N., Burseraceae. North Amer. Fl., **25**, 241-261 **(1911)**.

73.-Engler, A., Burseraceae. In: Engler, A. & K. Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien. ed. 2. **19a**, 405-456 **(1931)**.

74.-Wendt, T., Las selvas de Uxpanapa, Veracruz-Oaxaca, México, evidencia de refugios florísticos cenozoicos., An. Inst. Biol. Méx. Ser. Bot., **58**, 29-54 **(1989)**.

75.-Wiggins, I.L., Flora de Baja California, México, Stanford University PressStanford, Calif. 1025,**(1980)**.

76.-Wiggins, I.L., Flora of Sonoran Desert, In: F. Shreve & I.L. Wiggins, Vegetation anf flora of the Sonoran Desert México, Stanford University Press, Stanford, Calif. 189-1740, **(1964)**.

77.-Rzedowski, J., Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx*., **17**, 17-36 **(1968)**.

78.- Toledo Manzur, C. A. El género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero. Tesis, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 182, **(1982)**.

79.-Guevara-Féfer, F. y J. Rzedowski.. Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en Michoacán. I. Tres especies nuevas de los alrededores de la presa del Infiernillo, con algunos datos relativos a la región. Bol. Soc. Bot. Méx. 39: 63-81.**(1981)**.

80.-"Essential oils from branches and fruits of twenty five Mexican *Bursera* Species", Juan Diego Hernández-Hernández, Rocío Alvarez-García, Juan Carlos Guzmán-Martínez, Concepción. Armenta, Lidia Beiza, Isaías Tapia y Luisa Urania Román-Marín. 42nd. Annual Meeting of the American Society of Pharmacognosy. Memorias, ASP, pág 129 (**2001**).

81.-"Terpenos obtenidos por muestreo directo de peciolo y tallos delgados de 18 especies de Burseraceae". Juan Diego Hernández-Hernández, Rocío Alvarez, Concepción Armenta, J. Carlos Guzmán y Luisa Urania Román-Marín.*Rev. Soc. Quím. Méx*., 44, C-123, 136. XXXV Congreso Mexicano de Química, San Luis Potosí, S.L.P.**(2000)**.

82.-"Absolute Configuration of Podophyllotoxin related lignans from *Bursera* f*agaroides*, using Vibrational Circular Dichroism".René Velázquez-Jiménez, J. Jesús Martín Torres-Valencia,Carlos M.Cerda-García-Rojas Juan D. Hernández-Hernández, Luisa U. Román-Marín, J. Jesús Manríquez-Torres, Mario A. Gómez-Hurtado, Alejandro Valdez-Calderón, Virginia Motilva, Sofía Gómez-Mouriño, Elena Talero, Javier Ávila y Pedro Joseph-Nathan, *Phytochemistry* , **72**,2237-2243 **(2011)**.

83.-"Preparación de derivados lignánicos del 2-(3,4-dimetoxibencil)-3-(3,4-metilendioxibencil)-1,4-butanodiol."Juan Diego Hernández-

Hernández, Yolanda López-Camacho, A. Alvarez y Luisa Urania Román-Marín*Rev. Soc. Quím. Méx.,* **46**, C/113, 131, **(2002)**.

84.-"Estudio Químico de algunos componentes obtenidos de *Bursera attenuata*, *Bursera fagaroides* var. *elongata*, *Bursera mirandae* y *Bursera submoniliformis*."Tesis para obtener el Título de Químico Farmacobiólogo, presentada por Rocìo Alvarez García a la Facultad de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. el 10 de enero del **(2001)**.

85.-Celina Elvia Alvarez Cisneros"Productos Químicos naturales y algunos derivados obtenidos a partir de los extractos de la resina de *Bursera fagaroides* HBK, *Bursera ariensis*BK y de la inflorescencia de *Montanoa grandiflora* DC" Escuela de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. 6 de abril. (**1990)**.

86.-"Análisis de partes aéreas de cuajiotes amarillos.Juan Diego Hernández-Hernández, Rocío Alvarez-García y Luisa Urania Román-Marín.XXVI Congreso Mexicano de Química, *Rev*. *Soc. Quím. Méx*., **45**, C/2, 98,(**2001**)

87.-"Ariensina-B un Lignano obtenido de tallos de *Bursera bolivarii*. "Juan D. Hernández-Hernández, L. Beiza, I.A. Martínez, Y. López y A. Alvarez, XI Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística. *Memorias*, pág. 28, (**2001**).

88.-"Flavonoides de *Bursera grandifolia* y*Bursera sarukhanii*."J.D. Hernández, L. García, R. Reyes, J.C. Guzmán y L.U. Román.*Revista de la Sociedad Química de México*, **39**, R-93, 230 XXXI Congreso Mexicano de Química. Mazatlán, Sin.**(1995)**.

89.-Davis, Patricia (2000): «Aromatherapy An A-Z». Vermilion:EburyPublishing, London.

90.-Morrison y Robert Neilson Boyd, "Química Orgánica, 3ª edición, Fondo Educativo Interamericano. pág. 307-310, New York, N.Y., (**1976**).

91.-Andrew Streitweiser, Jr. y Clayton H. Heathcock, "Química Orgánica", 1ª Ed., Nueva Editorial Interamericana. pág. 611-614, México, D.F. (**1979**).

92.-Juan Diego Hernández Hernández, "Notas de Química Orgánica II" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. (**2012**).

93.-Q.F.B. Alejandra Alarcón Zúñiga"Determinación Estructural de algunos componentes obtenidos de *Bursera multifolia*." Tesis presentada a la Escuela de Químico-Farmacobiología de la M.S.N.H. Fecha de la presentación 23 de febrero.94.-94. **(2007)**.

94.-"Algunas Reacciones del 3-epi-Lupeol obtenido de la Resina de las *Bursera bipinnata* (Sessé & Moc.) Engl."Juan Diego Hernández, M. A. Sánchez, R. Herrera y Luisa Urania Román. IV Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística.*Memorias*, pág. 47 Morelia, Mich.(1994).

95.-"Aplicación de la RMN en el análisis de mezclas de triterpenos obtenidos de la resina de la ramas *Bursera véjar-vazquezii* y de la de *Protium copal*."Juan D. Hernández, Rocío Alvarez, Rosa Elba del Río y J.C. Guzmán.IX Encuentro Universitario de Investigación Científica,Tecnológica y Humanística, *Memorias*, pág. 29, (**1999**).

96.- "Caracterización de los Componentes Principales de Aceites Esenciales obtenidos de *Burseras*". J.D. Hernández, Leticia García, R. Reyes, Juan Carlos Guzmán y L.U. Román, XIII Taller de Otoño de Productos Naturales, Mérida, Yuc.*, Memorias*, C/12 (**1995**).

97.-Análisis por CG de Aceites Esenciales de Frutos de *Burseras*." Juan D. Hernández, Juan C. Guzmán, M.A. Sánchez y Luisa U. Román.*Rev. Soc. Quím. Méx.*, **40**, C/42, 112 (**1996**).

98.-"Cromatografía de Gases de Aceites Esenciales de Frutos de Siete Especies de *Burseras*". Juan Diego Hernández, Juan Carlos Guzmán, Leticia García y LuisaUrania Román. *Anuario VII del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas*, pág. 69-86 (**1997**).

99.-“β-Felandreno, componente mayoritario obtenido de los extractos hexánicos de las ramas y frutillas de tres especies de *Burseraceae*.” Juan D. Hernández, Rocío Alvarez, J. Magaña, Isaías Tapia, R. Pardo y Juan C. Guzmán, IX Encuentro Universitario de Investigación CientíficaTecnológica y Humanística, *Memorias*, pág. 29, (**1999**).

100.-“alfa-Felandreno obtenido del aceite esencial de *Bursera morelensis* y *Bursera penicillata*." Juan Diego Hernández-Hernández, Rocío Alvarez-García,Lidia Beiza, Sulidy Cerezo y Juan C. Guzmán-Martínez.

101.-“Derivados de Esqueleto Tipo Ursano con posible actividad Hepatoprotectora obtenidos a partir deα-amirina (urs-2-en-3β-ol).” J.D. Hernández, R. Herrera, M. García y L.U. Román. III Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística, Centro Cultural Universitario Morelia, Mich.**(1993)**.

102.-“Química de Algunos Triterpenos obtenidos de *Burseras*.”
J.D. Hernández, M.A. Sánchez, R. Herrera y L.U. Román.*Rev. Soc. Quím. Méx.*, **38**, C/49, 308 **(1994).**

103.-“Terpenoides de Resina y Fruto de *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl.”J. D. Hernández, M. García y L.U. Román. V Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística., *Memorias*, pág. 53 (**1995**).